



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**Sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 para mejorar
el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de
Laredo**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Maestro en Ingeniería de Sistemas con Mención en Tecnologías de la Información

AUTOR:

López Ledesma, Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0002-5983-3715)

ASESOR:

Dr. Pacheco Torres, Juan Francisco (ORCID: 0000-0002-8674-3782)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura de Servicio de Redes y Comunicaciones

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente investigación está dedicado a mis padres Carlos y Teresa quienes siempre me aconsejaron a ser persistente para alcanzar mis metas, a mi esposa Candy e hija Maritere por su compresión y fortaleza para lograr conseguir todos los retos que me propuesto en mi vida profesional, a mis hermanos y sobrinos por sus buenos de deseos para culminar exitosamente.

Agradecimiento

Agradecimiento a Dios por escuchar mis plegarias y brindarme la fortaleza necesaria para realizar este proyecto de investigación y a toda mi familia.

Agradezco a mi asesor Juan Francisco Pacheco Torres por su tiempo, consejos y feedback para la elaboración de esta investigación.

También agradezco al personal de la municipalidad de Laredo por su aceptación del proyecto y amigos que con su conocimiento y experiencia contribuyeron para realizar este proyecto.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos	viii
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.1.1. Tipos de estudio	13
3.1.2. Diseño	13
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.2.1. Sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5	14
3.2.2. Monitoreo de la calidad del aire	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.3.1. Población:.....	15
3.3.2. Muestra:.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	34

VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS	49

Índice de tablas

Tabla 1: Técnicas e Instrumentos	16
Tabla 2: Hipótesis para número de monitoreos.....	17
Tabla 3: Hipótesis para el tiempo promedio de monitoreos	19
Tabla 4: Hipótesis número de reportes	20
Tabla 5: Hipótesis nivel de satisfacción.....	21
Tabla 6: Fecha de recolección de datos por tipos de prueba.....	23
Tabla 7: Estadístico comparativo para el indicador 1	24
Tabla 8: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo	24
Tabla 9: Hipótesis para el número de monitoreos	25
Tabla 10: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador número de monitoreo ...	25
Tabla 11: Estadístico comparativo para el indicador 2	26
Tabla 12: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo	27
Tabla 13: Hipótesis para el tiempo promedio de monitoreos	27
Tabla 14: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador tiempo promedio de monitoreo.	28
Tabla 15: Estadístico comparativo para el indicador 3	29
Tabla 16: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo	29
Tabla 17: Hipótesis para el número de reportes.....	30
Tabla 18: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador número de monitoreo ...	30
Tabla 19: Estadístico comparativo para el indicador 4	31
Tabla 20: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo	32
Tabla 21: Hipótesis para nivel de satisfacción.....	32
Tabla 22: Correlación de muestras relacionadas	33
Tabla 23: Prueba de muestra relacionadas.....	33
Tabla 24: Cuadro de matriz de operacionalización de variables	49
Tabla 25: Cuadro de Indicadores	51
Tabla 26: Roles y responsabilidad XP.....	85
Tabla 27: Historia de usuario monitoreo material particulado.....	87
Tabla 28: Historia de usuario programación monitoreo.....	88
Tabla 29: Historia de usuario puntos de monitoreo	89
Tabla 30: Iteración por historia de usuario	90
Tabla 31: Velocidad del proyecto	90

Tabla 32: Cronograma entregable.....	90
Tabla 33: Asignación de iteraciones.....	91
Tabla 34: Resumen de iteraciones.....	91
Tabla 35: Tarea por historia de usuario 1 por Iteración 1	92
Tabla 36: Diseño pantalla de monitoreo material particulado.....	93
Tabla 37: Modelo clases monitoreo material particulado	94
Tabla 38: Implementación de monitoreo material particulado	95
Tabla 39: Tarjeta CRC monitoreo material particulado	96
Tabla 40: Diseño de tarjeta CRC de clase monitoreo material particulado	96
Tabla 41: Pruebas de caja negra monitoreo material particulado	97
Tabla 42: Validación caja negra monitoreo material particulado	97
Tabla 43: Caso de prueba monitoreo de material particulado	98
Tabla 44: Prueba caja blanca monitoreo material particulado.....	98
Tabla 45: Tarea por historia de usuario 2 por iteración 2	100
Tabla 46: Diseño de pantalla programación monitoreo	101
Tabla 47: Modelo de clases programación monitoreo	102
Tabla 48: Tarjeta CRC programación monitoreo	104
Tabla 49: Diseño de tarjeta CRC clase programación monitoreo.....	104
Tabla 50: Pruebas de caja negra programación monitoreo.....	105
Tabla 51: Validación caja negra programación monitoreo	105
Tabla 52: Caso de prueba programación monitoreo	106
Tabla 53: Pruebas caja blanca programación monitoreo	106
Tabla 54: Tarea por historia de usuario 3 por iteración 3	108
Tabla 55: Diseño de pantalla puntos monitoreo	109
Tabla 56: Modelo de clases puntos monitoreo	110
Tabla 57: Implementación de puntos monitoreo.....	111
Tabla 58: Tarjeta CRC	112
Tabla 59: Diseño de tarjeta CRC.....	112
Tabla 60: Prueba de caja negra de puntos monitoreo.....	112
Tabla 61: Validación caja negra puntos monitoreo.....	113
Tabla 62: Caso de prueba monitoreo	113
Tabla 63: Pruebas caja blanca puntos monitoreo	114

Índice de gráficos

Gráfico 1: Elementos de investigación experimental.....	14
Gráfico 2: Indicador número de monitoreo	24
Gráfico 3: Media del indicador tiempo promedio de monitoreo	26
Gráfico 4: Media del indicador número de reportes.....	29
Gráfico 5: Media del indicador nivel de satisfacción.....	31
Gráfico 6: Tarjeta Arduino Mega 2560 v.3.....	72
Gráfico 7: Especificaciones de tarjeta arduino	72
Gráfico 8: Sensor Panasonic SN-GCJA5	73
Gráfico 9: Tarjeta de interfaz	73
Gráfico 10: Módulo RTC DS3231	74
Gráfico 11: Diseño de carcasa de plástico para cubrir tarjeta y sensor.....	74
Gráfico 12: tarjeta de interconexión de circuito	75
Gráfico 13: Esquema de conexiones de componentes	75
Gráfico 14: Codificación de parámetros para captura y envio de datos de sensor	76
Gráfico 15: Pruebas de ensamblado de sensor 2560, reloj y tarjeta arduino	79
Gráfico 16: Producto terminado de prototipo.....	79
Gráfico 17: Pruebas de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5	80
Gráfico 18: Pruebas de descarga de datos de monitores	80
Gráfico 19: Validación de prototipo con equipo profesional muestreador Bravo Plus	81
Gráfico 20: Presentación del sistema medidor de partículas PM10 y Pm2.5	81
Gráfico 21: Prototipo monitoreo material particulado	93
Gráfico 22: Modelo de clases de monitoreo material particulado	94
Gráfico 23: Interfaz monitoreo material particulado.....	95
Gráfico 24: Pruebas de caja blanca validación monitoreo material particulado ...	99
Gráfico 25: Prototipo programación monitoreo.....	101
Gráfico 26: Modelo de clases programación monitoreo	102
Gráfico 27: Interfaz programación monitoreo	103
Gráfico 28: Pruebas de caja blanca validación programación monitoreo	107
Gráfico 29: Prototipo puntos monitoreo	109
Gráfico 30: Modelo de clases puntos monitoreo	110
Gráfico 31: Interfaz puntos monitoreo	111

Gráfico 32: Pruebas de caja blanca	114
Gráfico 33: Diagrama de clases	115
Gráfico 34: Diagrama de base de datos lógicos.....	116
Gráfico 35: Diagrama de base de datos físico.....	117
Gráfico 36: Diagrama de componentes	118
Gráfico 37: Diagrama de despliegue	119

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo Mejorar el Monitoreo de la Calidad del Aire en la Municipalidad de Laredo, a través de un Sistema Medidor de Partículas PM10 Y PM2.5. El tipo de estudio fue aplicado y el diseño experimental del tipo pre experimental. La población de estudio fue los monitoreos de calidad del aire en el distrito de Laredo. Para la recolección de datos se usó los instrumentos como el cuestionario, ficha de registro y cronómetro, validados por juicio de expertos obteniendo un nivel de confiabilidad aceptable mediante el software SPSS. Para la obtención de los resultados se aplicó la prueba de normalidad Shapiro Wilk para los cuatro indicadores número de monitoreo, tiempo promedio de monitoreo, número de reportes y nivel de satisfacción, donde los valores de significancia para los tres primeros indicadores fueron menores a 0.05 aplicando la prueba estadística de Wilcoxon y para el cuarto indicador la significancia fue mayor a 0.05 aplicándose la prueba T-Student. Se concluyó que usar el sistema medidor de partículas mejoró el número de monitoreos a 8.1, disminuyó el tiempo promedio de monitoreos en 10 días, aumentó en 2.3 el número de reporte y aumentó el nivel de satisfacción en 1.4 puntos.

Palabras claves: Monitoreo, calidad del aire, prototipo con sensor, sistema medidor.

Abstract

The objective of this research was to Improve Air Quality Monitoring in the Municipality of Laredo, through a PM10 and PM2.5 Particle Measurement System. The type of study was applied and the experimental design of the pre-experimental type. The study population was air quality monitoring in the Laredo district. Instruments such as the questionnaire, record sheet and chronometer are used for data collection, validated by expert judgment, obtaining an acceptable level of reliability through the SPSS software. To obtain the results, the Shapiro Wilk normality test was applied for the four indicators, monitoring number, monitoring time, number of reports, and level of satisfaction, where the significance values for the first three indicators were less than 0.05, applying the Wilcoxon statistical test and for the fourth indicator the significance was greater than 0.05 applying the Student's t test. It was concluded that using the particle measuring system improved the number of monitoring to 8.1, decreased the average monitoring time by 10 days, increased the number of reports by 2.3 and increased the level of satisfaction by 1.4 points.

Keywords: Monitoring, air quality, prototype with sensor, measuring system.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la polución del aire es una de las principales dificultades que afecta la salud de las personas donde el 95% de toda población respira aire de mala calidad, provocando la mortalidad de 6.1 millones hasta el año 2016 causando daños cerebrales, cardíacos y enfermedades pulmonares según el informe dado por Instituto de efectos sobre la salud (US Health Effects Institute – HEI) (Flickr 2018). El Perú considerado como el más elevado en contaminación del aire que llega al 58% de material particulado y el 65% por partículas más fina causado por la antigüedad de los vehículos de transporte con más de 15 años de antigüedad según el ministerio del ambiente (MINAM) y que en esto los últimos 13 años ha traído un progreso en la naturaleza del aire llegando a una reducción del 60% con respecto al material particulado (MINAM 2020).

Trujillo está considerado como una la provincia que respira el aire más contaminado por el uso del transporte urbano que según el diagnóstico del ministerio del Ambiente, es principalmente por material particulado PM10 (partículas microscópicas menores de 10 micrómetros (um) y PM 2,5 (partículas más fino menores de 2,5 micrómetros (um) que varían según su composición, concentración, tiempo y lugar , que están suspendidas en el aire y que al momento de respirar ingresan a nuestro sistema respiratorio.(Suárez Salas et al. 2017).

Pero a todo este cambio global que ha provocado la coyuntura del covid-19 y el distanciamiento comunitario ordenado por el gobierno peruano ha permitido que disminuya la concentración de material particulado PM2,5 en la población Lima en abril del 2020, llegando a registrar de 10 y 15 ug/m³ de PM2,5 a diferencia del mes de abril del año 2019 que registró 42 ug/m³ y en el 2017 registrando 46 ug/m³ según el informe del senamhi (Servicio Nacional de Meteorología del Perú) (MINAM 2020).

Actualmente en el Distrito de Laredo la contaminación del aire específicamente material particulado PM10 y PM2,5 se está volviendo una problemática muy crítica no solo para los organismos como la OEFA (Órgano de Evaluación y fiscalización Ambiente), sino también para las autoridades municipales y la

población afectada por la cantidad de partículas microscópicas que están en el aire que respiramos, que son provocados por el incremento del parque automotor, industrias agrícolas, pequeños agricultores, restaurantes, etc. Laredo es un distrito que forma parte de Trujillo y al departamento La Libertad, cuenta con una población aproximada de 36,000 personas, ubicada geográficamente en el valle Santa Catalina donde sus primordiales movimientos son las labores agrícolas y la ganadería. Limita con Huanchaco (lado norte), Simbal y Poroto (este), Virú y Salaverry (sur) y con Moche, el Porvenir y Trujillo (zona oeste). Se ubica a 89 m.s.n.m., con una superficie estimada de 335 km y un clima es semi cálido.

La municipalidad distrital de Laredo como ente regulador y controlador según la ordenanza municipal N° 038-2008-MPT cuya función específica es la protección y conservación del ambiente, no cuenta con equipos propios de monitoreo de material particulado PM10 y PM2,5 y tampoco cuenta con un software que le facilite almacenar información histórica, la toma de decisiones de la calidad del aire sobre material particulado PM10 y PM2.5 se hace en base a criterios empíricos por no contar con registros o estudios realizados, lo cual conlleva asumir la existencia de altos niveles de contaminación sin ningún criterio científico. Uno de los factores por lo que no se han realizado estudios de la calidad del aire de material particulado PM10 y PM2.5 por parte de la municipalidad de Laredo es por lo que toma mucho tiempo en ejecutarse el monitoreo debido a trámites documentarios, duración de las mediciones, obtener informes y el alto costo, además de existir pocas empresas en la región que se dedican al estudio.

Además, no cuenta con disponibilidad de reportes históricos que le permita comparar y determinar qué zonas existe más polución de material particulado PM10 y PM2.5 que le permita realizar tomas de decisiones. No contar herramientas que le permita tener información disponible de la calidad del aire, afectando bastante al personal de la sub gerencia de gestión ambiental en la toma de decisiones cuando requieren fiscalizar.

De acuerdo a la problemática expuesta líneas arriba, podemos hacernos la siguiente formulación del problema, ¿Cómo el desarrollo de un sistema medidor

de partículas PM10 y PM2.5 influye en el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo, 2021?

La principal defensa en este presente proyecto de estudio es la justificación operativa que le permitirá al personal de administración ambiental contar con un equipo portátil y de bajo coste que le permitirá realizar monitoreo del aire, además contar con información actualizada, información histórica y proponer estrategias para tener un aire limpio. Con respecto a la justificación tecnológica el hardware y software si se encuentra en el establecimiento local y en el exterior. Para la presente solución se empleará un sensor láser Panasonic SN-GCJA5 de detención material particulado PM10 y PM2.5, con una pequeña tarjeta Mega 2560 R3 que trae incorporado un microcontrolador de desarrollo de hardware libre en arduino). El software para compilar los datos en la tarjeta arduino y parámetros del sensor es código libre compatible con arduino, como lenguaje de programación se usará Visual Studio y SQL Server para almacenar la información.

La Justificación económica para este proyecto la inversión no es muy costosa, donde ya no tendrá que recurrir a laboratorios que le brinden el servicio de consultoras externas, obteniendo así un ahorro que será un aporte para la subgerencia de la municipalidad del distrito de Laredo que le permitirá monitorear la calidad del aire por medio de un dispositivo construido y visualizado mediante un software, ambos a bajo coste. Con respecto a la Justificación social será la satisfacción de la ciudadanía porque podrán tener más conocimiento sobre el estado del aire que respiramos en Laredo, lo cual le permitirá conocer si su salud se puede haber afectada por el impacto de la actividad industrial en la calidad del aire. Además del prestigio que obtendrá la municipalidad de Laredo al contar con una solución que le permita conocer si hay cierta contaminación en calidad del aire.

Con el propósito de mejorar la problemática y respuesta a la interrogante en la línea anterior se planteó como objetivo general mejorar el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de la Laredo, 2021 mediante el desarrollo de un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 cuyos objetivos específicos son aumentar el número de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5,

disminuir el tiempo promedio de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5, aumentar el número de reportes de material particulado PM10 y PM2.5 para toma de decisiones y aumentar el nivel de satisfacción de personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la Municipalidad de Laredo.

Como hipótesis se planteó lo siguiente, el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 mejoró significativamente el monitoreo de la calidad del aire en la Municipalidad de Laredo, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

El antecedente a nivel internacional según Caicedo Carrera (2017), con el proyecto de investigación “Diseño de un sistema de tecnologías abiertas para la medición de material particulado en la ciudad de Santa Elena”, realizada en Ecuador sostuvo que la contaminación ambiental del aire tuvo como objetivo construir un equipo propio que ayude a medir concentraciones de material particulado MP2.5 de la calidad del aire, causada por las efectos de las actividades del transporte y desarrollo de las industrias en la ciudad costera de Ecuador, donde propuso construir un dispositivo propio a bajo costo para realizar las mediciones de material particulado MP2.5 y contar con data histórica para monitoreos constantes. La presente investigación ayudó fortalecer parte de mi objetivo específico y a decidir en usar hardware libre de bajo costo que me permita cumplir lo propuesto de medir partículas contaminantes PM10 y PM2.5 por medio de un sensor que permitirá ser utilizado para conocer el estado del aire que respira la población.

Según Wardoyo et al. (2019), con desarrollo de un “sistema de medición de material particulado de bajo costo”, realizada en la universidad Brawijaya en Indonesia logró medir la concentración de material particulado PM2.5 por medio de un sensor NOVA SDS011 PM2.5 conectado a una placa arduino y para ser validado fue probado en paralelo con dispositivo monitor de polvo Kanomax donde los resultados obtenidos de la concentración de MP2.5 fueron muy semejantes al sistema de medición propuesto registrando la primera muestra en la primer minuto que fue de “ $23.3 \mu\text{m} / \text{m}^3$ y para el monitor de polvo fue $24.6 \mu\text{m} / \text{m}^3$ ” donde se demuestra que no solo funciona correctamente el dispositivo desarrollado, sino también puede ofrecer información de la concentración de material particulado en menor tiempo. (p, 3)

En el antecedente a nivel nacional según Licona Vara (2017), con su proyecto de investigación “*La contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad del cusco - y su comportamiento – 2016*”, realizada en Perú sostuvo en uno de sus objetivos específicos planteo determinar la calidad de material particulado MP10, utilizando dispositivos llamados “Hi Vol” que le permitió recolectar las muestras por medio de filtros y obteniendo resultados (25.8 ug/m^3

y 57.1 ug/m³ PM10) menores al estándar (150 ug/m³ PM10 en 24 Hrs.) analizados en dos ciudades, pero mezclado por materiales pesado como el plomo, aluminio y cadmio. (Vara Licona, 2017). El aporte de esta investigación apoya poder realizar pruebas de muestreo no solo en una zona específica, sino también en otras zonas donde me ayude a obtener más información y un muestreo más acertado utilizando siempre equipos medidores de calidad de aire.

Localmente según Armas y Romario (2018) ,en la tesis de investigación titulado sistema inteligente para determinar los índices de contaminación atmosférica en el C.P. El Progreso para la Municipalidad de Pacasmayo”, realizado en la provincia de Pacasmayo - La Libertad, tuvo como objetivo implementar el prototipo Box.DG para determinar los índices de contaminación que alteran el aire. Este prototipo utilizó tecnología de bajo coste, sensores y un sistema de control para uso de los datos obtenidos. Esta investigación ayudó para el diseño y construcción de un prototipo con tecnología de hardware y software libre que por medio del uso de un sensor láser ensamblado a una pequeña mainboard que trae un microcontrolador incorporado y compilado mediante un software compatible permitirá la comunicación entre el sensor y la mainboard, que almacenará los datos del monitoreo que al momento de conectarse a un computador se visualizará las concentraciones de las partículas MP10 y PM2.5 para la toma de decisiones de la entidad municipal.

Según la US EPA (2016), el material particulado es la mixtura de sustancias líquidos y sólidos que están circulando en el aire que respiramos de manera flotante y que se clasifican de acuerdo a su tamaño en micras en escala menor de 10 um se le denomina PM10 y la que es menor de 2.5 a 0.1 um se le denomina PM2.5 por ser aun partículas mucho más fina a pequeña. Estas partículas son tan dañinas para la salud de la humanidad porque al momento de respirar el aire, no solo ingresan a nuestro sistema respiratorio, sino hasta nuestros pulmones como es el caso del PM10 y el PM2.5 es aún mucho dañino por ser más pequeñísimo que ingresa a nuestra sangre, que son provocadas por la expulsión de las distintas actividades de las industrias, construcciones, etc.

Según Lee et al. (2020), en el estudio realizado en una zona rural de Taiwán con un población de 20,606 habitantes determinó que el monitoreo de calidad del aire es el primordial problema que está causando daños en la salud y muerte en las personas especialmente en los adultos mayores de 65 y 75 años, en prematuros por causa de las emisiones de partículas PM2.5 que se encuentran suspendido en el aire con un tamaño en micras y que llega a nuestro sistema respiratorio al momento de respirar, incluso combinado con sustancias tóxicas que acorta la calidad de vida y hace que percuten otras enfermedades como el estrés.

Según Carrington (2020), el efecto de la polución en el aire está agravando más a las personas está siendo afectado por el coronavirus, pues además de respirar estas finas partículas que están suspendidas en el aire y que dañan nuestro pulmones, son vulnerables al coronavirus.

Según Han et al. (2020), el cambio de la calidad del aire se ha debido gracias al distanciamiento social, que ocurrió por la llegada de la epidemia del covid-19 a inicio de año en corea del sur donde la mayorías de las industrias, parque automotriz paralizaron sus actividades al igual que los ciudadanos que también evitaron salir de casa para reducir propagación del virus. Este cambio por paralización y tranquilidad en las calles hizo que especialistas que se dedican al estudio del medio ambiente realicen mediciones en las zonas más pobladas, determinando que lo bueno que había ocasionado el covid-19 era que el nivel de concentración anual del material particulado PM10 había disminuido en 9 ug/m³ comparados a otros años anteriores.

Según Simo et al. (2020), un sistema de monitoreo es una red de dispositivos con sensores low coste que se distribuyen en diferentes puntos críticos de una comunidad donde existe mayor índice de contaminación para recopilar datos reales del aire y donde se necesita el uso de un software para visualización de los datos recopilados.

Según English et al. (2020), los sensores son la nueva tecnología que está tomando bastante fuerza, según expertos es la tendencia que está aportando mucho para mejorar la calidad de aire que respiramos y que 'por su bajo coste

están siendo implementados en procesos de monitoreo del aire, logrando así ser instalados en localidades rurales para saber el nivel de contaminación que existe en la zona y que siendo comparado con centros de monitoreos o instituciones fiscalizadores están dando mejores resultados que los equipos de alto costo y certificados.

Los investigadores que se dedican a monitorear la calidad del aire usan diferentes instrumentos para la medición de material particulado por ser dispositivos certificados y exactos como es el “SMPS que es espectrómetro de partículas de movilidad de escaneo, el CPC que es un contador de partículas de condensación y el ELPI que es un impactador eléctrico de baja presión” son instrumentos que no se pueden usar en extensos monitoreos de la calidad del aire por ser considerados equipos muy caros, por tal motivo se ve la necesidad de hacer uso de los sensores considerados de bajo coste y apropiado que permite obtener los valores de material particulado (Fathihah et al. 2018, p. 2).

Según Aranda (2014), las plataformas abiertas han cobrado mucha aceptación en los profesionales y las personas apasionadas por usar el hardware y software libre para ser aplicado en investigaciones o proyectos con fines de brindar soluciones a problemáticas existentes en la sociedad e industrias. Una de estas plataformas es Arduino que tiene mucha acogida por ser flexible, eficiente, barato y fácil para su uso en la construcción de diferentes tipos de dispositivos sin necesidad de tener conocimiento técnico; a diferencia de la plataforma Raspberry pi que es el costo, más complejo y por ser un mini computador permite integrar multimedia mediante sus entradas y salidas.

Según Dennis (2015), arduino es fácil de usar e idóneo para ser usado con diferentes tipos de sensores existente en el mercado con un lenguaje de programación e idóneo para personas con poco conocimiento en conectar componentes electrónicos, siendo así una opción a las distintas tarjetas comerciales que tienen un costo alto y que traen un sistema no desarollable. En cambio, Raspberry es más complejo en su uso por tener características a una pequeñísima computadora.

Según Panasonic (2019), el sensor SN-GCJA5 es un nuevo producto que sirve para monitorear diferentes fuentes de material particulado como “*partículas sólidas de la combustión de carbón, biomasa, ahumado de materia vegetal, materiales de construcción de la actividad de la agricultura, calderas de vapor, quema de campo local*”. Este sensor usa un microordenador que analiza el perfil de la onda por medio de un algoritmo que genera una densidad de masa convertida en ug/m³, además tiene una función auto calibrable que monitorea el estado del diodo del láser, la rotación del ventilador y que después de su tope en su uso hace una corrección óptima para así evitar el deterioro en la detección de partículas.

Según Hapidin et al. (2019), el sensor HPMA115S0-XXX es un dispositivo que utiliza luz láser para calcular la concentraciones de material particulado y la ventilación por medio de un fan cooler que ayudo a resolver pruebas de monitoreo de material particulado y a encontrar la linealidad, la calibración y precisión de material particulado siendo aceptable su uso, es más pequeño que el sensor SDS011 y además cumple los estándares de medición para ser empleados en las industrias y medio ambiente.

Según Wardoyo et al. (2020), el sensor Nova SDS011 es un dispositivo para monitorear material particulado PM10 y PM2.5 conformado por un módulo infrarrojo y un ventilador que produce una circulación de aire a los componentes internos del dispositivo considerado como un sensor con alta precisión.

Luego de haber comparado los tipos de sensores, se ha optado por elegir el sensor Panasonic SN-GCJA5 por ser un producto nuevo del fabricante Panasonic, tiene mayor precisión y performance, cuenta un algoritmo de auto calibración (control y corrección), mejor tiempo de respuesta, vida útil prolongada y cumple con la directiva RoHS And REACH.

Según Lucas (2019), explica que la diferencia entre Arduino es un microcontrolador, ideal para programar pequeñas aplicaciones, enfocados para proyectos de electrónica, como el uso de diferentes sensores y componentes, no requiere programación compleja y el código es mínimo, es más rápida para realiza su tarea al momento de estar conectado a la corriente eléctrica y el

aprendizaje es más rápido. A diferencia de Raspberry que es un mini computador, dispone de un sistema operativo para aplicaciones complejas, su codificación es compleja. Por eso para este proyecto se eligió usar la tecnología Arduino.

Según Novillo-Vicuña et al. (2018), actualmente los circuitos electrónicos ha ido cobrado mucha importancia en la población, logrando ser aplicado en muchas soluciones, pero su complejidad ha dificultado conseguir buenos resultados, es por eso que ante la necesidad de solucionar problemas a nivel social apareció Arduino que es una tecnología de hardware y software libre y que viene siendo muy beneficiosa para las personas que se dedican o tienen iniciativas de desarrollar o construir diferentes prototipos, dispositivos para uso de proyectos de investigación y también para uso en las industrias por su bajo coste, disponibilidad de sus manuales para el armado. La fabricación de Arduino consiste en pequeñas placas que traen incorporado un microcontrolador y un software amigable que luego se puede conectar a un computador.

Según Sadikin, Sari y Sanjaya (2019), un microcontrolador es un circuito integrado programable para ejecutar tareas permitiendo convertir datos analógicos a digitales usados en dispositivos o prototipos. Además, están compuesto por memoria, CPU y puerto seriales soldado a una tarjetería electrónica.

Según Novillo-Vicuña et al. (2018), la tarjeta Arduino Mega 2560 sirve para ser usado en proyectos de alto alcance pues trae incorporado un microcontrolador Atmega2560 con más entradas y salidas para conexiones de más tarjetas electrónicas.

Según Arduino Official Store (2020), las especificaciones técnicas son las siguientes: el voltaje de operación 5V, voltaje de entrada (recomendado) es 7-12V, voltaje de entrada (límite) es 6-20V, tiene 54 (15 facilita salida PWR) pines digitales de E/S, 16 Pines de entrada analógicas, DC entre 20-50 mA y con una memoria interna de 4KB.

Según Torre et al. (2020), la plataforma visual studio es un lenguaje de programación muy fácil de usar, además de ser un software gratuito y donde la interacción con arduino lo convierte en un mecanismo o herramienta potente para desarrollo de dispositivo o prototipos con sensores en mediciones ambientales.

Según Biswal, Subhashini y Pasayat (2019), Python es el lenguaje de programación de categoría, con una biblioteca estándar y fiable para la codificación en el desarrollo de aplicaciones que permita visualizar los datos detectados por prototipos construidos por tarjetería electrónica.

Se ha optado por elegir la plataforma visual studio por ser el más usado por Arduino, es más compatible con sensores, también por ser más sencillo de usar, su línea de código es amigable.

Según Fan, Pan y Ma (2019), SQL server es una plataforma administrativa de base de datos que permite crear tablas y relacionarlas, almacena diverso tipos de datos, además por ser una plataforma administrable, escalable, estable y segura.

según Goicochea (2016), Crystal reports es la herramienta robusta para crear reportes, se puede personalizar el formato, es fácil de usar, se conecta por medio de orígenes de datos de cualquier base, es usado en muchas implementaciones de software y usado por muchos programadores de software.

Según Asri et al. (2018), metodología es un sistema de información que brinda mecanismos de soporte para los profesionales facilitando sus tareas de forma ágil y sencilla para ser aplicados en proyectos grandes o pequeños obteniendo entregables de calidad a los clientes.

Según Micic (2017), la metodología ágil es un marco de trabajo conformado muchas metodologías sobresalientes que son usados por profesionales de TI para ser aplicados en diferentes proyectos de desarrollo de software por ser muy flexibles, colaborativo y eficiente, que consiste en la recopilación de requisitos, ejecución de tareas mediante iteraciones y trabajo en equipo.

Según Hema et al. (2020), Scrum es un enfoque incremental con una virtud de técnica buena para proyectos o desarrollos de productos pequeños y grandes que van cambiando con mucha frecuencia en el proceso del desarrollo. Está conformado por roles (Scrum Master, Product Owner y el Scrum Team) y sprint.

Según Novianti et al. (2019), la programación extrema es una de las metodologías ágil y fácil de usar para pequeños y medianos programadores de software no muy complejo, donde la duración del proyecto no excede a 4 meses, con un entorno adaptable al cambio, donde se recibe retroalimentación por parte del usuario o propietario de la información. Los principios de XP son “*Feedback, simplicidad, cambio incremental, aceptación del cambio y trabajo de calidad*”. Por tal motivo se decidió utilizar la metodología XP por el tipo de proyecto que es muy pequeño y no complejo, los procesos internos ya están alineados y solo hay que aplicar el diseño y la codificación del software.

Según Nada et al. (2019), las etapas de la programación extrema son la planificación, diseño, codificación y pruebas. En la planificación se describen las historias de usuarios donde se especifica los requerimientos que necesita el software y la duración de las tareas e iteraciones. En el diseño es donde se usa el camino más sencillo para el desarrollo del producto, aplicando mucho el feedback por parte del cliente, permitiendo cambios progresivos en las iteraciones para obtener un buen producto. Seguido es la codificación donde se aplica la programación y las pruebas, para finalmente ponerse en producción donde la documentación no es preferente.

Luego de haber investigado las dos metodologías ágiles se eligió la metodología XP por ser una metodología aplicable para un proyecto pequeño donde sus procesos están alineados y solo necesita implementar diseño y codificación para obtención de un producto.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipos de estudio

El estudio que utilizaremos para el presente proyecto será aplicada.

Según Esteban Nieto (2018) , la investigación aplicada busca dar solución a distintos problemas que existen en la sociedad como problemas en la salud, el medio ambiente, inseguridad ciudadana, etc. y problemas en las organizaciones con respecto a sus procesos que para eso hace uso de los conocimientos para beneficios de los mismos.

Según Paz (2014), el objetivo de la investigación aplicada es examinar un determinado problema para resolver sus necesidades, donde puede hacer uso de otras teorías o investigaciones.

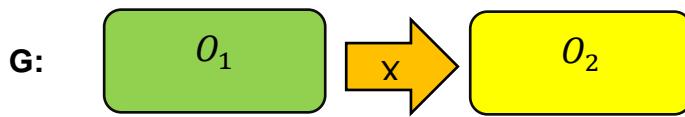
3.1.2. Diseño

El método a usar es la investigación Experimental: Tipo pre - Experimental, efectuado con el método “Pre Prueba – Post Prueba” con un solo grupo, el que consiste en:

Arias (2012), la investigación experimental son los cambios provocados por parte de la variable independiente hacia la variable dependiente para verificar las respuesta que puedan producir ante los diferentes estímulos.

La investigación pre-experimental viene hacer un diseño de investigación donde se realizan test anticipado y test posterior mediante la recopilación de datos obtenidos en una investigación para obtener resultados y ver si hay diferencias entre ambos test (Izzati, Kumar y Priatna 2019, p. 2).

Gráfico 1: Elementos de investigación experimental



Dónde:

G: Grupo Experimental

O_1 : Monitoreo de la calidad del aire antes de la implementación del sistema

X: Sistema Medidor de Partículas PM10 y PM2.5

O_2 : Monitoreo de la calidad del aire después de la implementación del sistema

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5

Según Wardoyo et al. (2019), un sistema de medición de partículas está constituido por un dispositivo electrónico que por medio de un sensor de partículas de bajo coste permite determinar la concentración de material particulado que existe el aire para ser transferido y mostrados en un software para tomas de decisiones.

3.2.2. Monitoreo de la calidad del aire

Según Galindo y Caicedo (2012), el crecimiento del sector industrial ha provocado las dispersión de material particulado permitiendo que cada vez tome más fuerza el monitoreo de la calidad del aire, proceso que consiste en evaluar en diferentes puntos estratégicos las concentraciones de partículas que están dispersas en el aire para ser comparado con los patrones establecidos de la calidad del aire y poder tomar estrategias.

Según Cobo y Arcos (2016), el monitoreo de la calidad es la operación de monitoreos en diferentes puntos críticos o estratégicos con contaminación para realizar mediciones y luego analizar las concentraciones obtenidas. Estos monitoreos muchas veces son por iniciativas sociales o realizadas por las instituciones fiscalizadoras de cada gobierno.

Según Cedeño (2019), es un sistema o continuo monitoreo de factores ambientales en puntos críticos, usando equipos especiales con el finalidad de para capturar los valores de contaminantes que se encuentra disperso en el ambiente para luego ser transformado en información y saber el estado del aire.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

Es un conjunto de elementos que tienen la misma particularidad para realizar un análisis (Támara 2013, p. 10).

Para la población se considera el número de monitoreos equivalentes a 15.

3.3.2. Muestra:

Porque la cantidad de la población es pequeña, no se calcula muestra ni muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Caro (2017), Las técnicas es la manera de obtener los datos y los instrumentos son los medios o herramientas para recolectar la información precisa, usados por el investigador para luego analizarla de acuerdo a cada objetivo específico; se clasifican en entrevistas, cuestionarios, observación, documento de registros ,etc.

Según Matteo (2017), aplicar diferentes técnicas sirve para obtener una investigación de calidad, donde refiere que los instrumentos son recolectores de información con el fin de ser tratado y medido por el investigador. Para esta investigación se utilizó la encuesta y observación de campo como técnica y el cuestionario, ficha de registro y cronómetro como instrumentos.

Tabla 1: Técnicas e Instrumentos

Técnica	Instrumento	Fuente	Encuestado
Encuesta	Cuestionario	Personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.	Personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.
Observación de campo	Ficha de registro Cronómetro		

Fuente: Elaboración propia del autor

3.5. Procedimientos

En el mes de julio del presente año se solicitó una entrevista al gerente de servicios públicos locales quien es el gerente de la sub gerencia de gestión ambiental del municipio de Laredo, quien gentilmente aceptó la reunión.

La primera entrevista consistió en presentarme como estudiante de posgrado de la universidad césar vallejo donde se solicitó su apoyo para realizar un proyecto de investigación relacionado a la contaminación del aire respecto a material particulado PM10 y PM2.5 en la institución gubernamental que representa, donde respondió que contaba con todo el apoyo y facilidades para poder ejecutar el presente estudio. En esta entrevista el gerente explicó la problemática que actualmente existe en la sub gerencia de gestión ambiental que es monitorear la calidad del aire en Laredo (ver anexo 3), donde se recopiló información de que no cuenta con monitoreos del aire recién para el mes de octubre tienen programado realizar monitoreos de material particulado, por eso demanda demasiado tiempo en ejecutar un monitoreo por el motivo que tienen que buscar el servicio de laboratorios externos que tiene un costo alto y no cuenta con reporte o registros históricos que fueron importantes para poder definir la problemática y objetivos del proyecto.

En la segunda entrevista acordada con el gerente de servicios públicos y locales informó que tienen programado realizar el primer monitoreo de material particulado en el mes de octubre 2020, donde se le hizo de conocimiento que la solución propuesta para mejorar el proceso de

monitoreo de la calidad de aire en la sub gerencia de gestión ambiental es la construcción de un dispositivo de bajo coste propio con un sensor detector de material particulado PM10 y PM2.5 para realizar monitoreos y que a través del desarrollo de un software obtener reportes y almacenar data histórica para toma de decisiones. Cabe mencionar que la municipalidad de Laredo aceptó y entregó la carta de aceptación solicitado formalmente por medio de la universidad César Vallejo para ejecutar el proyecto. (ver anexo 7).

Para la recopilación de datos para el pretest y postest se elaboró instrumentos validados por juicio de expertos y con la confiabilidad Alfa de Cronbach a través del software estadístico SPSS y Excel como hoja de cálculo. Después de recopilar la información se buscó información del tipo de sensor, tarjetería y componentes electrónicos a utilizar, así como también la herramienta adecuada para el desarrollo del sistemas y base de datos. Para el desarrollo del software y prototipo se usó la metodología XP (ver anexo 9).

3.6. Método de análisis de datos

La validación de los instrumentos utilizados en el presente estudio se realizó por medio del juicio de experto (ver anexo 5) para el número de monitoreos, tiempo promedio de monitoreos, número de reportes de monitoreos y para el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental, se aplicó el Alfa de Cronbach que dio como resultado 0.829, por lo tanto, según la tabla de valoración del Alfa de Cron Bach, se encuentra en el rango de permisible (ver anexo 6). Es un instrumento que brinda fiabilidad para realizar un test (Virla 2010, p. 2).

En este proyecto de estudio de tipo cuantitativo se utilizó el diseño experimental, de tipo pre-experimental donde se aplicará un antes y después de la implementación de la variable independiente, así mismo se propone hipótesis para cada indicador en el proyecto de esta investigación.

Tabla 2: Hipótesis para número de monitoreos

Indicador 1	Número de monitoreo
	H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.
Donde:	NMa = Número de monitoreo antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 NMd = Número de monitoreo después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.
	Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021 Ho: $NMd - NMa \leq 0$
	Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021 Ha: $NMd - NMa > 0$

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 3: Hipótesis para el tiempo promedio de monitoreos

Indicador 2	Tiempo promedio de monitoreos
	<p>H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.</p> <p>Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.</p>
	<p>Donde:</p> <p>TPMa = Tiempo promedio de monitoreos antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5</p> <p>TPMd = Tiempo promedio de monitoreos después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.</p>
	<p>Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021</p> <p>Ho: $TPMd - TPMa \leq 0$</p>
	<p>Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021</p> <p>Ha: $TPMd - TPMa > 0$</p>

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 4: Hipótesis número de reportes

Indicador 3	Número de reportes
H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.	
Donde: NRa = Número de reportes de monitoreo antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 NRd = Número de reportes de monitoreo después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.	
Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: $NRd - NRa \leq 0$	
Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ha: $NRd - NRa > 0$	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 5: Hipótesis nivel de satisfacción

Indicador 4	Nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental
	<p>H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.</p> <p>Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.</p>
	<p>Donde:</p> <p>NSPGAA = Nivel de satisfacción del personal de gestión ambiental antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5</p> <p>NSPGAD = Nivel de satisfacción del personal de gestión ambiental después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.</p>
	<p>Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.</p> <p>Ho: $NR_d - NR_a \leq 0$</p>
	<p>Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.</p> <p>Ha: $NR_d - NR_a > 0$</p>

Fuente: Elaboración propia del autor

Análisis Descriptivo

En la investigación se implementó un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 para aumentar el número de monitoreos, disminuir el tiempo promedio de monitoreo, aumentar el número de reportes y aumentar el nivel satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.

Se construyeron los instrumentos que sirvieron para medir los indicadores que se pueden apreciar en el Anexo 4, los cuales se aplicaron en el pre test y en el post test de la investigación.

Se desarrolló un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 que permitió registrar información y almacenar data histórica de los monitoreos realizados.

Análisis Inferencial

Las pruebas de normalidad para cada indicador se realizaron a través del método SHAPIRO WILK, por ser aplicable para calcular una muestra pequeña y menor a 30 (Sepulveda y Moreno 2017, p. 16).

3.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo de esta investigación se recopiló información valiosa por parte de personal del área de gestión ambiental que permitió conocer la necesidad y dificultad para realizar monitoreos de calidad del aire de material particulado PM10 y PM2.5, para eso toda la información recopilada se usó con fines de investigación sin afectar la imagen de la institución gubernamental, aplicando los valores como la integridad, responsabilidad, honestidad, veracidad y confiabilidad, además se citó con los criterios de la norma ISO 690 y los derechos de autor con su referencia respectiva.

IV. RESULTADOS

Esta investigación fue orientada para determinar de qué manera el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 mejora significativamente el monitoreo de la calidad del aire en la municipalidad de Laredo, en donde se observa los monitoreos antes (pre test) y después (post test) del desarrollo del sistema de medidor de partículas PM10 y PM2.5 .Como los datos de los indicadores 1, 2 y 3 siguen una distribución no normal conforme a la prueba de normalidad Shapiro-Wilk que determinó el uso de la prueba de estadística WILCOXON, que es para validar la hipótesis nula H_0 entre las dos medianas de la misma muestras del pretest y postes (Ríos y Peña 2020, p. 9).

Y para el indicador 4 la prueba de normalidad fue paramétrica aplicando la prueba T-Student, siendo una prueba estadística que sirve es para estudiar las dos muestras independientes y observar si existe diferencia significativa entre las dos medias de la muestra (Turcios y Alberto 2015, p. 2).

Tabla 6: Fecha de recolección de datos por tipos de prueba

Tipo de Prueba	Fecha Inicio	Fecha de Termino
Pre Test	19/10/2020	23/10/2020
Post Test	02/11/2020	12/12/2020

Fuente: Elaboración propia del autor

Seguidamente, se presenta el análisis descriptivo e inferencial por cada indicador.

INDICADOR 1: Número de monitoreo

Análisis descriptivo:

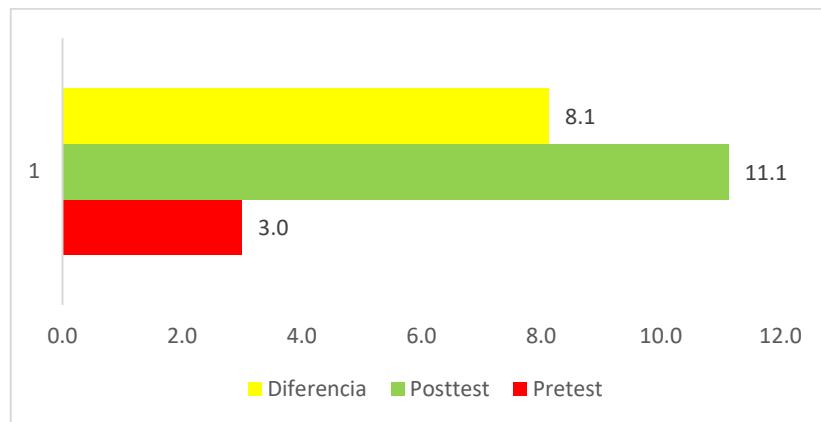
Para determinar la media del número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo se tuvo que realizar en dos momentos, el primero fue antes de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (pre test) y el segundo luego de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (post test), en la Tabla 7 se puede apreciar la comparación de los dos momentos.

Tabla 7: Estadístico comparativo para el indicador 1

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
PRE	15	,00	10,94	3,079	4,6168
POST	15	,638	18,24	11,255	3,8477
N válido (por lista)	15				

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 2: Indicador número de monitoreo



Fuente: Elaboración propia del autor

En la Tabla 7 se muestra que el indicador número de monitoreo en el pre test obtuvo el valor de la media de 3,079 y con el desarrollo del sistema de medidor de partículas PM10 y PM2.5 en el post test fue de 11,255, teniendo que se mejoró con una diferencia de 8.1, en la figura se puede apreciar gráficamente la media y la diferencia del indicador número de monitoreo.

Análisis inferencial:

En la siguiente tabla se aprecia la prueba de normalidad para el indicador número de monitoreo.

Tabla 8: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,863	15	,027

Elaboración propia del autor

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk donde la diferencia de significancia es menor que 0.05 por tanto, los datos siguen una distribución anormal. Por tal motivo se aplicó la prueba no paramétrica WILCOXON para la validación de la hipótesis.

Tabla 9: Hipótesis para el número de monitoreos

Indicador 1	Número de monitoreo
H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.	
Donde: NMa = Número de monitoreo antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 NMd = Número de monitoreo después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.	
Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021 Ho: $NMd - NMa \leq 0$	
Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021 Ha: $NMd - NMa > 0$	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 10: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador número de monitoreo

	POST - PRE PM2.5
Z	-2,816 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,005

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
- b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: elaboración propia del autor

El valor de significancia es menor de 0.05; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa del investigador con 95% de confianza,

tambien se muestra que el valor Z es -2,816 siendo menor a 1,96 el nivel de confianza por lo que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.

INDICADOR 2: Tiempo promedio de monitoreos

Análisis descriptivo:

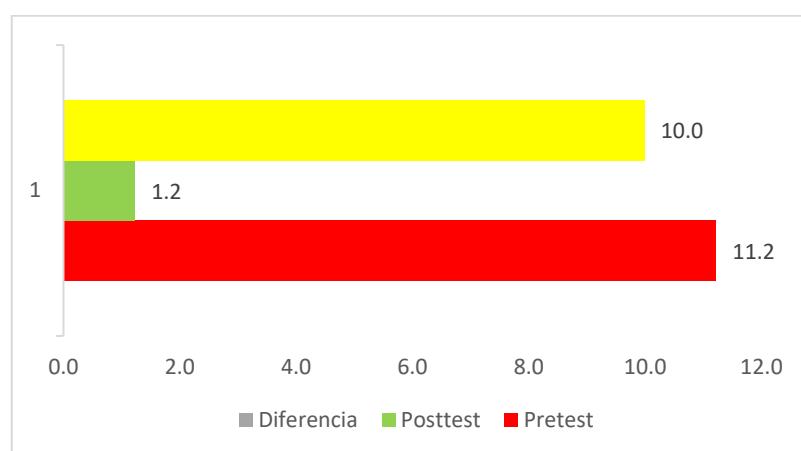
Para determinar la media del tiempo promedio de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo se tuvo que realizar en dos momentos, el primero fue antes de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (pre test) y el segundo luego de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (post test), en la Tabla 11 se puede apreciar la comparación de los dos momentos.

Tabla 11: Estadístico comparativo para el indicador 2

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
PRE	15	9.23	12,69	11,23	1,5146
POST	15	1,15	1,35	1,24	0.0867
N válido (por lista)	15				

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 3: Media del indicador tiempo promedio de monitoreo



En la Tabla 11 se muestra que el indicador tiempo promedio de monitoreo en el pre test obtuvo el valor de la media de 11,23 y con el desarrollo del sistema de medidor de partículas PM10 y PM2.5 en el post test fue de 1,24, teniendo que se mejoró con una diferencia de 10, en la se puede apreciar gráficamente la media y la diferencia del indicador número de monitoreo.

Análisis inferencial:

En la siguiente tabla se aprecia la prueba de normalidad para el indicador tiempo promedio de monitoreo.

Tabla 12: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,751	15	,001

Fuente: Elaboración propia del autor

Se usó la prueba de Shapiro-Wilk donde la diferencia de significancia es menor que 0.05 por tanto, los datos siguen una distribución anormal. Por tal motivo se aplicó la prueba no paramétrica WILCOXON para la validación de la hipótesis.

Tabla 13: Hipótesis para el tiempo promedio de monitoreos

Indicador 2	Tiempo promedio de monitoreo
H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.	
Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.	
Donde:	
TPMa = Tiempo promedio de monitoreos antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5	
TPMd = Tiempo promedio de monitoreos después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.	
Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021Ho: TPMd – TPMa <= 0	

Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo, 2021
 Ha: $TPM_d - TPM_a > 0$

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 14: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador tiempo promedio de monitoreo.

	POST PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - PRE PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Z	-3,450 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia del autor

El valor de significancia es menor de 0.05; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa del investigador con 95% de confianza, también se muestra que el valor Z es -3,450 siendo menor a 1,96 el nivel de confianza por lo que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 disminuye el tiempo promedio de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.

INDICADOR 3: Número de reportes

Análisis descriptivo

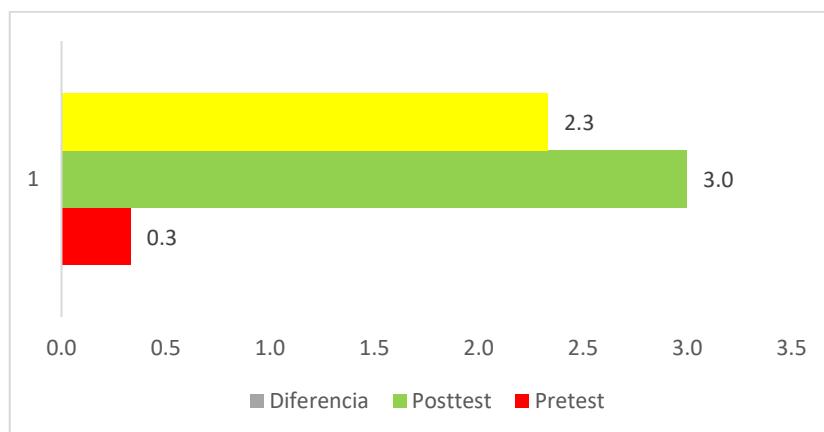
Para determinar la media del número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo se tuvo que realizar en dos momentos, el primero fue antes de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (pre test) y el segundo luego de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (post test), en la Tabla 15 se puede apreciar la comparación de los dos momentos.

Tabla 15: Estadístico comparativo para el indicador 3

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
PRE	15	,00	0,10	0,33	0,488
POST	15	3,00	3,00	3,00	,00
N válido (por lista)	15				

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 4: Media del indicador número de reportes



En la Tabla 15 se muestra que el indicador número de reportes en el pre test obtuvo el valor de la media de 0,033 y con el desarrollo del sistema de medidor de partículas PM10 y PM2.5 en el post test fue de 3, teniendo que se mejoró con una diferencia de 2,3, en la que se puede apreciar gráficamente la media y la diferencia del indicador número de reportes.

Análisis inferencial:

En la siguiente tabla se aprecia la prueba de normalidad para el indicador número de monitoreo.

Tabla 16: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,603	15	,000

Fuente: Elaboración propia del autor

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk donde la diferencia de significancia es menor que 0.05 por tanto, los datos siguen una distribución anormal. Por tal

motivo se aplicó la prueba no paramétrica WILCOXON para la validación de la hipótesis.

Tabla 17: Hipótesis para el número de reportes

Indicador 3	Número de reportes
H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.	
Donde: NRa = Número de reportes de monitoreo antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 NRd = Número de reportes de monitoreo después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.	
Hipótesis Nula Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ho: $NRd - NRa \leq 0$	
Hipótesis Alternativa Ha: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 incrementa el número de reportes de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo. Ha: $NRd - NRa > 0$	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 18: Estadístico de prueba Wilcoxon del indicador número de monitoreo

	POST PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - PRE PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Z	-3,542 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: elaboración propia del autor

La significancia es menor de 0.05; por eso se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa del investigador con 95% de confianza, también se muestra que el valor Z es -3,542 siendo menor a 1,96 el nivel de confianza por lo que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el número de reportes de material particulado PM10 y PM2.5 en la Municipalidad de Laredo.

Indicador 4: Nivel de satisfacción

Análisis descriptivo

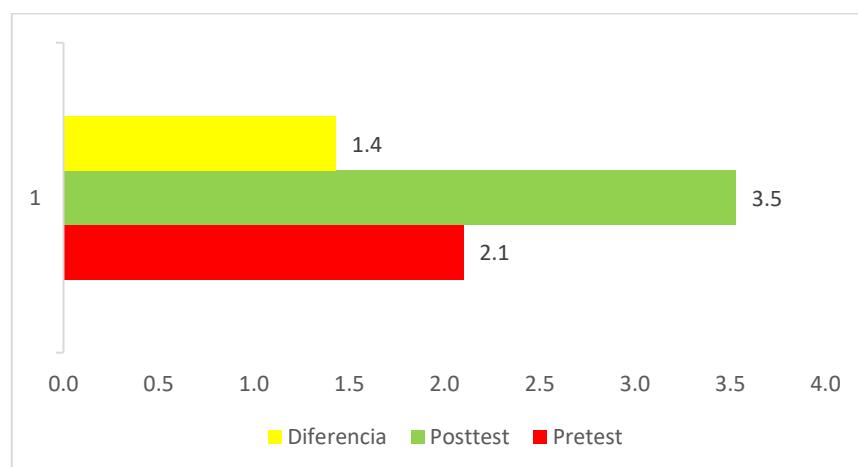
Para determinar la media del nivel de satisfacción del personal de gestión ambiental de la Municipalidad de Laredo se tuvo que realizar en dos momentos, el primero fue antes de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (pre test) y el segundo luego de desarrollar el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 (post test), en la Tabla 19 se puede apreciar la comparación de los dos momentos.

Tabla 19: Estadístico comparativo para el indicador 4

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
PRE	7	1,65	2,5	2,1	,0308
POST	7	3,25	3,85	3,528	0,1933
N válido (por lista)	7				

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 5: Media del indicador nivel de satisfacción



En la Tabla 19 se muestra que el indicador nivel de satisfacción en el pre test obtuvo el valor de la media de 2,1 y con el desarrollo del sistema de medidor de partículas PM10 y PM2.5 en el post test fue de 3,528, teniendo que se mejoró con una diferencia de 1,4 en la se puede apreciar gráficamente la media y la diferencia del indicador nivel de satisfacción

Análisis inferencial:

En la siguiente tabla se aprecia la prueba de normalidad para el indicador número de monitoreo.

Tabla 20: Prueba de normalidad del indicador número de monitoreo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,914	7	,427

Fuente: Elaboración propia del autor

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk donde la diferencia de significancia es mayor que 0.05 por tanto, los datos siguen una distribución normal. Por tal motivo se aplicó la prueba paramétrica T-Student para la validación de la hipótesis.

Tabla 21: Hipótesis para nivel de satisfacción

Indicador 4	Nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental
H1: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo. Ho: El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.	
Donde: NSPGAA = Nivel de satisfacción del personal de gestión ambiental antes del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 NSPGAD = Nivel de satisfacción del personal de gestión ambiental después del desarrollo del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.	

Hipótesis Nula H_0 : El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 no aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.

$H_0: NR_d - NR_a \leq 0$

Hipótesis Alternativa H_a : El sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.

$H_a: NR_d - NR_a > 0$

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 22: Correlación de muestras relacionadas

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRE & POST	7	-.909	.005

Fuente: elaboración propia del autor

Tabla 23: Prueba de muestra relacionadas

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)			
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia								
				Inferior	Superior							
Par 1 PRE) - POST	-1.42857	.49063	.18544	-1.88233	-.97482	-7.704	6		.000			

Fuente: elaboración propia del autor

La significancia es menor de 0.05; siendo así se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alternativa del investigador con 95% de confianza, también se muestra que el valor T es -7.704 siendo menor a 1,96 el nivel de confianza por lo que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumenta el nivel de satisfacción del personal de la subgerencia de la Municipalidad de Laredo.

V. DISCUSIÓN

Luego de haber recopilado y analizado la realidad problemática que presenta la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Laredo sobre el monitoreo de la calidad del aire que al no contar con un sistema automático que le permita realizar mediciones de material particulado PM10 y PM2.5 en el aire para ser analizadas y procesadas que le permita poder determinar que el aire se está degradando o deteriorando por causa del uso natural y por las propias actividades de las personas y las industrias, producto del desconocimiento que se tiene sobre la contaminación del aire.

Para dar solución a la problemática mencionada en el párrafo anterior se definió desarrollar un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 que consistió en la construcción de un prototipo que captura la concentración de material particulado y que mediante el desarrollo de un software amigable le permite almacenar la data como histórica, poder hacer consultas de los monitoreos realizados y contar con reportes para toma de decisiones por parte de la municipalidad de Laredo como ente regulador. Como ingeniero de sistemas hice uso de la tecnología que está accesible en el mercado global y que me ha permitido conseguir un sensor detector de partículas que ensamblado a una tarjeta electrónica que trae su propio software libre permite ser configurado, y compilado; y mediante la conexión por puerto serial permite conectarse a un computador mediante un cable USB e interactuar con el software desarrollado de acuerdo a la necesidad del proceso de monitoreo, facilitando así la mejora en el monitoreo de aire.

Cabe mencionar que durante las pruebas de validación del prototipo con sensor se comparó con un equipo profesional de muestreo ambiental por 5 días de monitoreo en un punto crítico de monitoreo donde las mediciones eran muy semejantes por ejemplo el segundo día de medición con el prototipo fue de 22 ug/m³ en PM10 y 14 ug/m³ en PM2.5 donde la diferencia adicional con el equipo profesional fue de 1 ug/m³ correspondientemente en MP2.5 y MP10.

Es importante mencionar que los antecedentes encontrados a nivel internacional “Diseño de un sistema de tecnologías abiertas para la medición de material particulado en la ciudad de Santa Elena” ayudó a ser realizable la construcción de un prototipo propio de bajo costo para realizar monitoreos y obtener datos de la polución ambiental con respecto a material particulado, siendo comparado con un equipo profesional de medición ambiental para verificar si hay similitud en las mediciones. De la misma manera la investigación “Desarrollo de un sistema de medición de bajo costo” sirve para entender el comportamiento del proceso del sensor láser que tiene el propósito de monitorear los valores de material particulado en menor tiempo que los equipos convencionales.

Así también la investigación “Contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad del cusco - y su comportamiento”, me permitió conocer el comportamiento del monitoreo del material particulado, los estándares del aire para aplicar en la aplicación en opción de consultas, el uso del spss y Excel y usar el promedio de las mediciones en los resultados.

Por lo consiguiente la investigación local “Sistema inteligente para determinar los índices de contaminación atmosférica en el C.P. El Progreso para la municipalidad de Pacasmayo”, sirve para acreditar que actualmente las municipalidades como instituciones fiscalizadoras requieren de soluciones tecnológicas de bajo coste que ayude al menos de tener información referencial para saber el estado el aire que respiramos y tomar decisiones, además es interesante por ser investigación aplicada experimental que usó pequeñas placas electrónicas de open source con sensores detectores de gases que después de capturar mediciones, almacenarse en la una base de datos facilitó la obtención de los resultados mediante la creación de diferentes reportes.

Con respecto a las teorías relacionadas el artículo de investigación “La contaminación atmosférica PM2.5 contribuye a la carga de la fragilidad”, sirve para entender el significado y la importancia de la variable dependiente donde define que las partículas pequeñas PM2,5 son la principal causa ambiental a la

mortalidad de las mujeres mayores de 65 años y en hombres mayores de 75 años, prematuros e incapacitados que presentan enfermedades crónicas como problemas respiratorios, cardíacas, hipertensión, etc.

De igual manera el estudio sobre “La contaminación atmosférica aumenta las infecciones y muertes por coronavirus”, ayuda a comprender que la variable interviniante está asociada a la aparición del covid.19 que combinado con la polución del aire existe un crecimiento revelador de personas que rápidamente han fallecido o se contagian rápidamente por sufrir enfermedades crónicas. Así mismo con el aporte de la publicación del artículo “Solución técnica para un sistema de monitoreo de la calidad del aire en tiempo real” sirve para aclarar la variable independiente donde describe que gracias al desarrollo de una solución completa conformado por un microcontrolador incorporado por sensores más el desarrollo de un software ayuda a visualizar los resultados y tener información histórica del aire.

Actualmente el proceso de monitoreo en la sub gerencia de gestión ambiental que no es complejo, su proceso está alineado, por eso luego de haber analizado dos metodologías ligeras se tomó la decisión de aplicarse la metodología programación extrema (XP) pues es ideal en proyectos pequeños y medianos de desarrollo de software y para cualquier tipo de proyecto, siendo el método adecuado, amigable porque permite recibir feedback del cliente, ideal para hallar información para desarrollar las necesidades de los clientes, realizar pruebas seguidas durante el proyecto y ahorrar tiempo; además que tiene la facultad de crear y estar apto al cambio con el propósito de obtener beneficio en el producto (ver anexo 9) y como no hay una metodología estándar para la construcción del prototipo con sensor láser detector de material particulado PM10 y PM2.5 se aplicó una secuencia de pasos que consistió en los requerimientos de los componentes (tarjeta arduino mega 2560, sensor SN-GCJA5, tarjeta interfaz, módulo RTC DS3231y carcasa de plástico, diseño, codificación y pruebas de operación (ver anexo 8).

Para la interfaz gráfica de formularios en desarrollo del software se usó el lenguaje de programación visual studio por ser una herramienta de desarrollo ideal, popular y compatible con hardware arduino de licencia libre, permitiendo que la codificación sea de fácil uso. También se usó el IDE Arduino para la compilación de la placa arduino y el sensor SN-GCJA5; además se utilizó la herramienta crystal report que permitió la creación y personalización de los reportes. Como complemento se empleó el motor de base de datos SQL Server que permitió la creación de tablas, vistas y procedimientos almacenados para guardar los datos del proceso del monitoreo de la calidad del aire.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las hipótesis realizadas por cada indicador, se acepta la hipótesis general donde el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 mejora significativamente el monitoreo de la calidad del aire en la Municipalidad de Laredo, 2021.

Para el indicador 1, número de monitoreo se obtuvieron resultados tanto en la prueba de pretest como en la prueba de postest un promedio total de 3 y 11,1 monitoreos respectivamente, lo que significó un aumento de 8,1 monitoreos.

Los datos del monitoreo para el pretest fueron obtenidos del monitoreo realizado por un laboratorio externo contratado por la sub gerencia de gestión ambiental por un número de monitoreo limitado, en cambio los datos obtenidos en post fueron datos obtenidos con el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 en tres puntos de control (Calle Zarumilla, Calle Tumbes y Av. Principal San Ignacio de Laredo). Aunque Caicedo Carrera (2017) en sus resultados no señala números de monitoreos, pero si atribuye que el uso de herramientas tecnológicas y de bajo coste permite construir dispositivos propios que pueden tener un conducta semejante a los equipos convencionales ambientales, logrando así incrementar los monitoreos de material particulado, registrar los datos y almacenarlo para tener información histórica.

Luego de haber realizado un análisis de los resultados para el indicador 2, el tiempo promedio de monitoreo se concluyó que la diferencia obtenida fue de

11,23 días con el sistema actual y 1,24 días con el sistema propuesto, obteniendo una disminución de 10 días.

Esto se debe a que el sistema actual es manual y depende de laboratorios externos que mientras instalan sus equipos y procesan los valores recopilados hacen que el tiempo de monitoreo sea muy retardado; en cambio con el sistema propuesto que cuenta con la construcción de un dispositivo con sensor propio que recopila los datos e interactúa con un software que los procesa e información, hace que el tiempo del monitoreo se realice en menor tiempo que con los equipos ambientales comerciales. Aunque Wardoyo et al. (2019) en sus resultados especifica que con el sistema de medición de material particulado PM2.5 los intervalos de tiempo son pequeños en el monitoreo realizado; donde el sistema que propuso funciona correctamente y que partir de los 30 segundos ya tiene un valor de monitoreo, además su prototipo fue validado con otro equipo de monitoreo comercial.

Seguidamente los resultados obtenidos en el análisis del indicador 3 número de reportes de monitoreo, se concluyó que la diferencia promedio obtenida fue de 0,3 reportes con el sistema actual y 3 reportes por monitoreo con el sistema propuesto, obteniendo un aumento de 2.3 reportes.

Donde el proceso actual por ser un sistema manual y dependiente de servicio de tercero que realizan el monitoreo ambiental de material particulado PM10 y PM2.5, no tienen la tiene la herramienta tecnológica que el permita entregar la cantidad de reportes de manera automática, el reporte o informe que entregan el proveedor es manual, es decir interpretan las mediciones de los monitoreos y lo redactan en un documento Word; en cambio con el sistema medidor de partículas aprovechando que tiene la opción y facilidad de generar e incrementar en línea reportes por cada monitoreo realizado. Así mismo se hace mención la participación de Armas y Romario (2018) donde su investigación hace mención que el uso de sensores y tarjetería libre ayuda a construir dispositivos de bajo coste que permite interactuar con un software facilitando el registro y almacenamiento de las mediciones de concentraciones de factor ambiental en

monitoreos del aire, permitiendo la generación y administración de reportes de manera rápidas permitiendo visualizar los datos de los monitoreos siendo filtrados por fechas y exportado de diferentes.

Con relación al resultado del indicador 4 nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo, el valor promedio de puntaje obtenido es de 2,1 con el sistema actual y 3.5 de puntaje con el sistema propuesto, logrando obtener un aumento de 1.4 de puntaje.

Donde demuestra que el sistema propuesto mejora el nivel de satisfacción del personal de sub gerencia de gestión ambiental.

Actualmente el uso de hardware libre, como tarjetería electrónica y sensores comerciales certificados para medición de material particulado PM10 y PM2.5 está tomando mucha fuerza en el mundo, siendo así conocidos como las nuevas tendencias para el futuro de la producción en las industrias e instituciones y que son complemento de del desarrollo del software que permite la sincronización o comunicación de manera rápida para obtener información histórica, disminuir tiempo y aumentar la satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental. Para English et al. (2020) los sensores de bajo coste cada vez están más disponibles y aplicados en muchos proyectos de investigación, pues es una nueva tecnología con mucho potencial que ayuda a las comunidades a obtener datos en tiempo real y brinda una idea de cómo está el aire.

Finalmente, luego de haber comparado los resultados con los diferentes proyectos de investigación podemos asegurar que nuestra propuesta si cumplió con el objetivo.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 mejoró el monitoreo de la calidad del aire en la Municipalidad de Laredo, 2021.
2. Se concluyó que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumentó el número de monitoreos de la calidad del aire, se demostró usando la prueba estadística Wilcoxon debido a que los datos tenían una distribución no paramétrica dando como valor $Z = -2,1816$ menor al nivel de significancia del 5%, con una muestra de 15 monitoreos, se obtuvo un valor promedio de 3 monitoreos antes y un valor promedio de 11,1 monitoreos después del desarrollo sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, que significó un aumento promedio de 8.1 monitoreos.
3. Se logró disminuir el tiempo promedio de monitoreo de la calidad del aire con el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, esto se demostró usando la prueba estadística Wilcoxon debido a que los datos tenían una distribución no paramétrica dando como valor $Z = -3,450$ menor al nivel de significancia del 5%, con una muestra de 15 monitoreos, se obtuvo un valor promedio de 11,2 días antes y un valor promedio de 1,2 días después del desarrollo sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, que significó un disminución promedio de 10 días.
4. Se concluyó que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumentó el número de reportes de monitoreo, se demostró usando la prueba estadística Wilcoxon debido a que los datos tenían una distribución no paramétrica dando como valor $Z = -3,542$ menor al nivel de significancia del 5%, con una muestra de 15 monitoreos, se obtuvo un valor promedio de 0.3 número de reportes antes y un valor promedio de 3 número de reportes después del desarrollo sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, que significó un aumento promedio de 2.3 reportes.
5. Se determinó que el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 aumentó el nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental,

se demostró usando la prueba estadística T-Student debido a que los datos tenían una distribución paramétrica dando como valor $Z = -7.704$ menor al nivel de significancia del 5%, con una muestra de 15 monitoreos, se obtuvo un valor promedio de puntaje de encuesta 2.1 de puntos antes y un valor promedio de 3.5 de puntos después del desarrollo sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, que significó un aumento promedio de 1.4 de puntaje.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere que a futuro la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo amplíe más el sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5, de tal manera que el prototipo con sensor detector de partículas PM10 y PM2.5 pueda sincronizar en línea vía conexión wifi para descargar los datos recopilados desde cualquier punto de monitoreo (estación).
- ✓ Se recomienda al personal asignado de la sub gerencia de la municipalidad de Laredo brinde constantemente capacitación sobre el uso adecuado del prototipo e interfaces del sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5.
- ✓ Para los futuros investigadores se recomienda amplificar en una red de monitoreos de material particulado con uso de tarjetería libre y sensores detectores de partículas para así tener más información en línea e histórica para concientizar a la población y actividades industriales.

REFERENCIAS

- ARANDA, D., 2014. Electronica plataformas Arduino y Raspberry Pi. *Issuu* [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/redusers/docs/electronica_-_plataformas_arduino_y.
- Arduino Mega 2560 Rev3 / Arduino Official Store* [en línea], [sin fecha]. S.I.: s.n. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>.
- ARIAS, F.G., 2012. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición.* S.I.: Fidias G. Arias Odón. ISBN 978-980-07-8529-4.
- ARMAS, C. y ROMARIO, J., 2018. Sistema Inteligente para Determinar los Índices de Contaminación Atmosférica en el C.P. El Progreso para la Municipalidad de Pacasmayo, 2018. En: Accepted: 2019-02-27T17:37:50Z, *Universidad César Vallejo* [en línea], [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28222>.
- ASRI, S.A., SUNAYA, I.G.A.M., RUDIASTARI, E. y SETIAWAN, W., 2018. Web Based Information System for Job Training Activities Using Personal Extreme Programming (PXP). *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 953, pp. 012092. [Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 1742-6596. DOI 10.1088/1742-6596/953/1/012092. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1742-6596%2F953%2F1%2F012092>.
- BISWAL, A., SUBHASHINI, J. y PASAYAT, A.K., 2019. Air quality monitoring system for indoor environments using IoT. *AIP Conference Proceedings* [en línea]. S.I.: s.n., DOI 10.1063/1.5112365. Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5112365>. Scopus
- CAICEDO CARRERA, S., 2017. Diseño de un sistema de tecnologías abiertas para la medición de material particulado en la ciudad de Santa Elena. En: Accepted: 2017-11-14T19:50:38Z [en línea], [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/22251>.
- CARO, L., 2017. 7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos. *Lifeder* [en línea]. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>.
- CARRINGTON, D., 2020. La contaminación atmosférica aumenta las infecciones y muertes por coronavirus, según un estudio. *El Diario* [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/contaminacion-atmosferica-aumenta-infecciones-muertes-coronavirus-estudio_1_6101908.html.
- CEDEÑO, A.G.J., 2019. Red de monitoreo de aire en la Refinería del Pacífico en el sitio El Aromo del cantón Manta. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 5,

- no. 1, pp. 363-384. [Consulta: 15 diciembre 2020]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6869922>.
- COBO, R.J. y ARCOS, F.A., 2016. Análisis y revisión de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca - Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida* [en línea], vol. 23, no. 1, pp. 28-38. [Consulta: 17 septiembre 2020]. ISSN 1390-8596, 1390-3799. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5969816>.
- DELP, W.W. y SINGER, B.C., 2020. Wildfire smoke adjustment factors for low-cost and professional pm2.5 monitors with optical sensors. *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 13, pp. 1-21. DOI 10.3390/s20133683. Scopus
- DENNIS, A.K., 2015. *Raspberry Pi Home Automation with Arduino - Second Edition* [en línea]. Birmingham, UK: Packt Publishing. [Consulta: 11 octubre 2020]. Community Experience Distilled. ISBN 978-1-78439-920-7. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=959554&lang=es&site=ehost-live>.
- ENGLISH, P., AMATO, H., BEJARANO, E., CARVLIN, G., LUGO, H., JERRETT, M., KING, G., MADRIGAL, D., MELTZER, D., NORTHCROSS, A., OLMEDO, L., SETO, E., TORRES, C., WILKIE, A. y WONG, M., 2020. Performance of a low-cost sensor community air monitoring network in imperial county, CA. *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 11. DOI 10.3390/s20113031. Scopus
- ESTEBAN NIETO, N., 2018. Tipos de Investigación. En: Accepted: 2018-07-02T01:44:39Z, *Universidad Santo Domingo de Guzmán* [en línea], [Consulta: 16 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.
- FAN, Z., PAN, T. y MA, L., 2019. Development of metal polishing dust monitoring system using the internet of things and cloud server. *International journal of online and biomedical engineering*, vol. 15, no. 4, pp. 53-68. DOI 10.3991/ijoe.v15i04.8971. Scopus
- FATHIHAH, M.A., KHAIRUNNISA, M.P., RASHID, M., NORRUWAIDA, J., DEWIKA, M., ITO, Y. y LENGGORO, I.W., 2018. Development of low-cost and user-friendly sustainable portable particulate sensor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 458, pp. 012041. [Consulta: 20 septiembre 2020]. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/458/1/012041. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1757-899x%2F458%2F1%2F012041>.
- FLICKR, [sin fecha]. El 95% de la población mundial respira aire contaminado. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <https://nmas1.org/news/2018/04/19/contaminacion-global>.
- GALINDO, A.P.G. y CAICEDO, Y.C., 2012. Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en latinoamérica. *INGE CUC* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 293-312. [Consulta: 17 septiembre 2020]. ISSN 0122-6517, 2382-

4700. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4869009>.
- GOICOCHEA, A., 2016. SAP Crystal Reports. *aníbal goicochea* [en línea]. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <https://anibalgoicochea.com/tag/sap-crystal-reports/>.
- HAN, B.-S., PARK, K., KWAK, K.-H., PARK, S.-B., JIN, H.-G., MOON, S., KIM, J.-W. y BAIK, J.-J., 2020. Air quality change in Seoul, South Korea under covid-19 social distancing: Focusing on pm2.5. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 17, pp. 1-12. DOI 10.3390/ijerph17176208. Scopus
- HAPIDIN, D.A., SAPUTRA, C., MAULANA, D.S., MUNIR, M.M. y KHAIRURRIJAL, K., 2019. Aerosol chamber characterization for commercial particulate matter (PM) sensor evaluation. *Aerosol and Air Quality Research* [en línea], vol. 19, no. 1, pp. 181-194. DOI 10.4209/aaqr.2017.12.0611. Disponible en: <https://aaqr.org/articles/aaqr-17-12-ac3-0611.pdf>. Scopus
- HEMA, V., THOTA, S., KUMAR, S.N., PADMAJA, C., KRISHNA, C.B.R. y MAHENDER, K., 2020. Scrum: An Effective Software Development Agile Tool. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 981, pp. 022060. [Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/981/2/022060. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1757-899x%2F981%2F2%2F022060>.
- IZZATI, L., KUMAR, M. y PRIATNA, N., 2019. Application of investigation group learning model on triangle lesson. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1157, pp. 042066. [Consulta: 19 diciembre 2020]. ISSN 1742-6596. DOI 10.1088/1742-6596/1157/4/042066. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042066>.
- JO, J.H., JO, B.W., KIM, J.H. y CHOI, I., 2020. Implementation of iot-based air quality monitoring system for investigating particulate matter (Pm10) in subway tunnels. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea], vol. 17, no. 15, pp. 1-12. DOI 10.3390/ijerph17155429. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85088884021&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=air+quality+monitoring&nlo=&nlr=&nls=&sid=e478f644d4d03e962568da7b12b46d44&sot=b&sdt=sisr&sl=110&s=TITLE-ABS-KEY%28air+quality+monitoring%29+AND+DOCTYPE%28ar%29+AND+ACESSTYPE%28OA%29+AND+PUBYEAR+%3e+2014+AND+PUBYEAR+%3c+2021&ref=%28particulate+matter%29&relpos=56&citeCnt=0&searchTerm=> Scopus
- LEE, W.-J., LIU, C.-Y., PENG, L.-N., LIN, C.-H., LIN, H.-P. y CHEN, L.-K., 2020. PM2.5 air pollution contributes to the burden of frailty. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1. DOI 10.1038/s41598-020-71408-w. Scopus

- LICONA VARA, M., 2017. Contaminación atmosférica con material particulado en la Ciudad del Cusco - y su comportamiento – 2016. En: Accepted: 2017-12-19T15:33:58Z, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4426>.
- LUCAS, J., 2019. Arduino vs Raspberry Pi. *OpenWebinars.net* [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/arduino-vs-raspberry-pi/>.
- MATTEO, M.F.D., 2017. La evaluación de la calidad de la enseñanza: Consideraciones teórico-metodológicas e instrumentos de evaluación. *Hologramática* [en línea], vol. 26, no. 26, pp. 175-195. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISSN 1668-5024. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6129664>.
- MICIC, L., 2017. Agile methodology selection criteria: IT start-up case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 200, pp. 012031. [Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/200/1/012031. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1757-899x%2F200%2F1%2F012031>.
- MINAM, 2020a. Minam propone acciones intersectoriales para asegurar una mejor calidad del aire hacia el futuro. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/292654-minam-propone-acciones-intersectoriales-para-asegurar-una-mejor-calidad-del-aire-hacia-el-futuro>.
- MINAM, 2020b. Primeros días de abril reportan cifras óptimas de calidad de aire en Lima. [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/111886-primeros-dias-de-abril-reportan-cifras-optimas-de-calidad-de-aire-en-lima>.
- NADA, N.Q., SAADAH, U.K., ANAM, A.K., WIDIANINGRUM, WIBOWO, S. y NOVITA, M., 2019. Design on ‘FunPhy: Fun Physics’ Educational Game Apps using Agile EXtreme Programming. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1179, pp. 012071. [Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 1742-6596. DOI 10.1088/1742-6596/1179/1/012071. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1742-6596%2F1179%2F1%2F012071>.
- NOVIANTI, E., SUSILAWATI, E.A., SESUNAN, M.F., SYAMSIYAH, N. y ASTUTY, E.Y., 2019. Development wedding planner using extreme programming method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 673, pp. 012049. [Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/673/1/012049. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1757-899x%2F673%2F1%2F012049>.
- NOVILLO-VICUÑA, J., ROJAS, D.H., OLIVO, B.M., RÍOS, J.M. y VILLAVICENCIO, O.C., 2018. *Arduino y el Internet de las cosas*. S.I.: 3Ciencias. ISBN 978-84-949151-8-5.

- PANASONIC, electronic, 2019. SN-GCJA5 Panasonic | Mouser. *Mouser Electronics* [en línea]. [Consulta: 18 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.mouser.pe/ProductDetail/667-SN-GCJA5>.
- PAZ, G.M.E.B., 2014. *Metodología de la Investigación* [en línea]. S.I.: Grupo Editorial Patria. ISBN 978-607-744-003-1. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- RÍOS, A.R. y PEÑA, A.M.P., 2020. Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia* [en línea], vol. 10, no. 19, pp. 191-208. [Consulta: 15 diciembre 2020]. ISSN 2413-936X. DOI 10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597. Disponible en: <http://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/597>.
- SADIKIN, N., SARI, M. y SANJAYA, B., 2019. Smarthome Using Android Smartphone, Arduino uno Microcontroller and Relay Module. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1361, pp. 012035. [Consulta: 15 diciembre 2020]. ISSN 1742-6596. DOI 10.1088/1742-6596/1361/1/012035. Disponible en: <https://doi.org/10.1088%2F1742-6596%2F1361%2F1%2F012035>.
- SEPULVEDA, C.O. y MORENO, L.R.M., 2017. Análisis de la inversión pública aplicada al desarrollo sustentable del Municipio de Puerto Peñasco, Sonora. , pp. 29.
- SIMO, A., DZITAC, S., FRIGURA-ILIASA, F.M., MUSUROI, S., ANDEA, P. y MEIANU, D., 2020. Technical solution for a real-time air quality monitoring system. *International Journal of Computers, Communications and Control*, vol. 15, no. 4, pp. 1-10. DOI 10.15837/IJCCC.2020.4.3891. Scopus
- SUÁREZ SALAS, L., DANIEL, A.T., BENDEZU, Y. y JOSÉ, P., 2017. (PDF) CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO DEL CENTRO URBANO DE HUANCAYO, PERÚ. *ResearchGate* [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339561300_CARACTERIZACION_QUIMICA_DEL_MATERIAL_PARTICULADO_ATMOSFERICO_DEL_CENTRO_URBANO_DE_HUANCAYO_PERU.
- TÁMARA, L.G., 2013. *Estadística Descriptiva y Probabilidad*. S.I.: Universidad Jorge Tadeo Lozano. ISBN 978-958-725-114-2.
- TORRE, M.Z. Ia, GUZMÁN-FERNÁNDEZ, M., SIFuentes-GALLARDO, C., ORTIZ-ROMERO, V.M., CRUZ-DOMINGUEZ, O., FRAIRE-HERNÁNDEZ, M., PÉREZ-MARTÍNEZ, J. y DURÁN-MUÑOZ, H., 2020. Una Guía Práctica para Desarrollar Equipo de Laboratorio con Arduino. *Conciencia Tecnológica* [en línea], no. 59. [Consulta: 21 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94463783002/index.html>.

- TURCIOS, S. y ALBERTO, R., 2015. t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología* [en línea], vol. 26, no. 1, pp. 59-61. [Consulta: 27 diciembre 2020]. ISSN 0188-2198. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&nrm=iso&tlang=es.
- US EPA, O., 2016. Particulate Matter (PM) Basics. *US EPA* [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.
- VILLADA, A.F.E., VANEGAS, D.L.V. y ORDONEZ, H.A.E., 2015. A review of the impact on XP methodology of business model inclusion in requirements elicitation/Analisis del impacto sobre la metodología XP de la inclusion de modelos de procesos de negocio en la elicitation de requisitos/Analise do impacto sobre a metodologia XP da inclusao de modelos de processos de negocio na elicitação de requisitos. *Sistemas & Telematica* [en línea], vol. 13, no. 33, pp. 45-62. [Consulta: 15 diciembre 2020]. ISSN 16925238. DOI 10.18046/syt.v13i33.2080. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=16925238&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA598194116&sid=googleScholar&linkaccess=abs>.
- VIRLA, M.Q., 2010. Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 248-252. [Consulta: 27 diciembre 2020]. ISSN 1317-0570, 2343-5763. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99315569010>.
- WARDOYO, A.Y.P., DHARMAWAN, H.A., NURHUDA, M. y ADI, E.T.P., 2019. Developing A Low Cost Particulate Matter Measurement System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], vol. 391, pp. 012078. [Consulta: 20 septiembre 2020]. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/391/1/012078. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012078>.
- WARDOYO, A.Y.P., DHARMAWAN, H.A., NURHUDA, M. y ADI, E.T.P., 2020. Optimization of PM2.5 Measurement System Using NOVA SDS011 Sensor. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. S.I.: s.n., DOI 10.1088/1742-6596/1428/1/012053. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85079000873&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=SDS011&st2=&sid=b9043c8444629c2b22c909b6add7222a&ot=b&sdt=b&sl=59&s=TITLE-ABS-KEY%28SDS011%29+AND+ACCESTYPE%28OA%29+AND+PUBYEAR+%3c+2021&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=. Scopus>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 24: Cuadro de matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIONES
INDEPENDIENTE Sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5	Según Jo et al. (2020), es un dispositivo de bajo coste que ayuda a la medición de la calidad del aire y que por medio de una implementación de un sistema permite evaluar los datos recopilados.	La construcción de un dispositivo de bajo coste y la implementación de un sistema medidor de partículas PM10 y PM2.5 será fundamental para mejorar el monitoreo de la calidad del aire mediante el nivel de funcionalidad, atributos de calidad y cumplimiento de patrones para la arquitectura de software.	. Funcionalidad del sistema	Nivel de funcionalidad del sistema	Ordinal
			Atributos de calidad	Nivel de Cumplimiento de Métricas	Ordinal
			Arquitectura	Nivel de Cumplimiento de los patrones Arquitectónicos de Software	Ordinal
DEPENDIENTE	Según Delp y Singer (2020), es un	Este proceso de monitoreo del aire de	Monitoreo	Número de monitoreo	Razón

Monitoreo de la calidad del aire	diagnóstico del tráfico del aire para obtener valores de la calidad del aire monitoreados desde diferentes zonas y por un tiempo determinado para toma de decisiones.	material particulado PM10 y PM2.5 se desea aumentar los números de monitoreos en diferentes puntos críticos, disminuir el tiempo promedio en realizar un monitoreo aumentar el número de reportes y aumentar el nivel de satisfacción en el sub gerencia de gestión ambiental.	Tiempo	Tiempo promedio de monitoreos	Razón
			Reportes	Número de reportes	Razón
			Satisfacción	Nivel de satisfacción del personal del área ambiental	Ordinal

Anexo 2: Indicadores de variables

Tabla 25: Cuadro de Indicadores

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA / INSTRUMENTO	TIEMPO EMPLEADO	MODO DE CÁLCULO
OE1: Aumentar el número de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5	Número de monitoreo	Número de monitoreos realizados en un determinado periodo	Observación de campo /Ficha de registro	Mensual	$NM = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ <p>NM: Número de Monitoreos t: Tiempo de monitoreo n: Números de monitoreos</p>
OE2: Disminuir el tiempo promedio de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5	Tiempo promedio de monitoreos	El tiempo de días requeridos para monitoreo	Observación de campo /Ficha de registro - Cronómetro	Mensual	$TPM = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$ <p>TPM: Tiempo Promedio de monitoreo t: Tiempo de monitoreo n: número de monitoreos</p>
OE3: Incrementar el número de reportes de monitoreos	Número de reportes de monitoreos	Número de reportes generados	Observación de campo /Ficha de registro	Mensual	$NR = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5					NR: Número de reportes de monitoreos t: Tiempo de reportes n: número de reportes
O4: Aumentar el nivel de satisfacción de personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.	Nivel de satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental.	Satisfacción del personal de la sub gerencia de gestión ambiental de la municipalidad de Laredo.	Encuesta/Cuestionario	Mensual	$NSPGA = \frac{\sum_{j=1}^5 (F_{ij} * P_j)}{n_e}$ <p>NSPGA: Nivel de satisfacción de personal de la gerencia de gestión ambiental. Fij: frecuencia P: ponderación o peso ne: número de encuestados n2: número de preguntas</p>

Anexo 3: Encuesta para identificar la problemática

Entrevistador:	
Entrevistado:	
Identificar la problemática de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad del Distrito de Laredo	
Pregunta	Respuesta
1. ¿Cuál es el cargo y función en la municipalidad de Laredo?	
2. ¿Cuál es la problemática actual del área ambiental de la Municipalidad del Distrito de Laredo?	
3. ¿Cuentan con alguna política ambiental?	
¿Cuentan con equipo de monitoreo de material particulado PM10 y PM2,5?	
4. ¿Cuándo fue el último monitoreo?	
5. ¿Cuenta con algún sistema de información que le permita la toma de decisiones?	
6. ¿Le gustaría tener un sistema de información que le ayude a tener información disponible?	

Anexo 4: Instrumentos de recolección de datos

- Anexo 4.1 Instrumento de obtención de información “Aumentar el número de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5”

Investigador	Carlos Alfredo López Ledesma	Tipo de Prueba	Pre-test
Institución	Municipalidad de Laredo	Área	Sub Gerencia Gestión Ambiental
Fecha		Fecha	
Objetivo Específico	Aumentar el número de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5	Indicador	Número de monitoreo
Medida	Numérico	Fórmula	$NM = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

Ficha de Registro				Total
Nº de Puntos Monitoreados	Monitoreo 1 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	Monitoreo 2 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	Monitoreo 3 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	

- Anexo 4.2 Instrumento de obtención de información “Disminuir el tiempo promedio de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5”

Investigador	Carlos Alfredo López Ledesma	Tipo de Prueba	Pre-test
Institución	Municipalidad de Laredo	Área	Sub Gerencia Gestión Ambiental
Fecha		Fecha	
Objetivo Específico	Disminuir el tiempo promedio de monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5	Indicador	Tiempo promedio de monitoreos
Medida	Horas	Fórmula	$TPM = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

Ficha de Registro							Total
Nº de Puntos Monitoreados	Monitoreo 1 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo		Monitoreo 2 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo		Monitoreo 3 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo		
	Fecha y Hora Inicio	Fecha y Hora Fin	Fecha y Hora Inicio	Fecha y Hora Fin	Fecha y Hora Inicio	Fecha y Hora Fin	

- Anexo 4.3 Instrumento de obtención de información “Incrementar el número de reportes de material particulado PM10 y PM2.5”

Investigador	Carlos Alfredo López Ledesma	Tipo de Prueba	Pre-test
Institución	Municipalidad de Laredo	Área	Sub Gerencia Gestión Ambiental
Fecha		Fecha	
Objetivo Específico	Incrementar el número de reportes de material particulado PM10 y PM2.5	Indicador	Número de reportes generados
Medida	Numérico	Fórmula	$NR = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$

Ficha de Registro				Total
Nº de Puntos Monitoreados	Monitoreo 1 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	Monitoreo 2 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	Monitoreo 3 24h * 5d 120hr semanal de monitoreo	
Punto 1				
Punto 2				

- Anexo 4.4 Instrumento de obtención de información “Incrementar el número de reportes de material particulado PM10 y PM2.5”

Entrevistador:						
Entrevistado:						
Institución: Municipalidad de Laredo				Área: Sub Gerencia Gestión Ambiental		
Objetivo Específico: Nivel de satisfacción			Muy Malo	Malo	Regular	Bueno
Nro	Pregunta		1	2	3	4
1	Como considera Ud. el tiempo de respuesta en la gestión de monitoreo en la calidad del aire.					
2	Ud. considera que la información sobre los niveles de material particulado es accesible.					
3	Cree UD que implementar un sistema de monitoreo de material particulado en el aire beneficiaría a la mejora de la gestión actual.					
4	La implementación de un sistema de monitoreo de material particulado apoyaría en la toma de decisiones de gestión ambiental					
5	Según su apreciación cuál sería el nivel de contaminación en la población.					
6	Considera UD que las medidas adoptadas por la institución en cuanto a la protección del medio ambiente es necesaria					
7	Actualmente la municipalidad tiene proceso o política ambiental.					

Anexo 5: Tabla de Validación de Expertos

- Experto estadístico

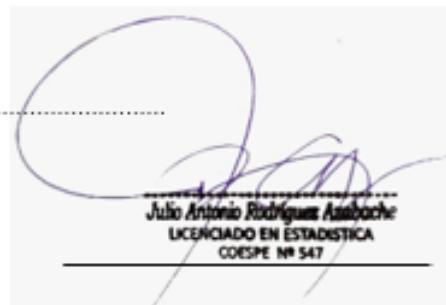
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LOPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NUMERO DE MONITOREO
PROYECTO DE INVESTIGACION	SISTEMA MEDIDOR DE PARTICULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RODRIGUEZ AZABACHE JULIO
GRADO ACADEMICO	MAGISTER
FECHA DE VALIDACION	26 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACION			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	Bueno 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?			70	
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?			70	
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?			70	
4	¿El instrumento de recolección de datos facultará el logro de los objetivos de investigación?			70	
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?			70	
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?			70	

El instrumento puede ser aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



Firma del experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LOPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	TIEMPO PROMEDIO DE MONITOREOS
PROYECTO DE INVESTIGACION	SISTEMA MEDIDOR DE PARTICULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RODRIGUEZ AZABACHE JULIO
GRADO ACADEMICO	MAGISTER
FECHA DE VALIDACION	26 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACION			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?			70	
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?			70	
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?			70	
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?			70	
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?			70	
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?			70	

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



Julio Antonio Rodriguez Azabache
LICENCIADO EN ESTADÍSTICA
COESPE N° 547
Firma del experto

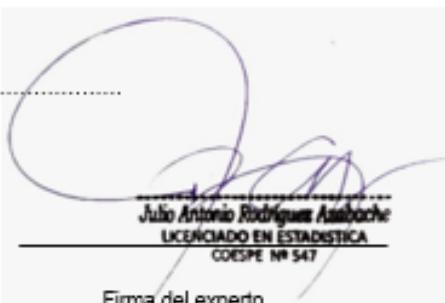
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LOPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NUMERO DE REPORTES
PROYECTO DE INVESTIGACION	SISTEMA MEDIDOR DE PARTICULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RODRIGUEZ AZABACHE JULIO
GRADO ACADEMICO	MAGISTER
FECHA DE VALIDACION	26 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACION			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	Bueno 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?			70	
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?			70	
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?			70	
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?			70	
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?			70	
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?			70	

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



Firma del experto

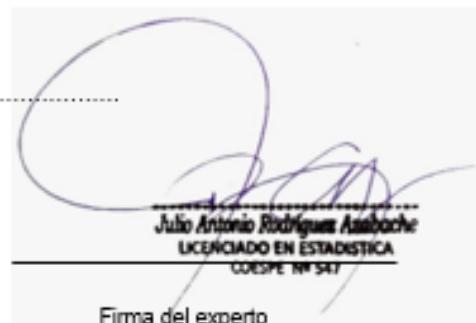
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LOPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	CUESTIONARIO
INDICADOR	NIVEL DE SATISFACCION DEL PERSONAL DE LA SUB GERENCIA DE GESTION AMBIENTAL.
PROYECTO DE INVESTIGACION	SISTEMA MEDIDOR DE PARTICULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RODRIGUEZ AZABACHE JULIO
GRADO ACADEMICO	MAGISTER
FECHA DE VALIDACION	26 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACION			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?			70	
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?			70	
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?			70	
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?			70	
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?			70	
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?			70	

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



Firma del experto

- Experto ingeniero de sistemas

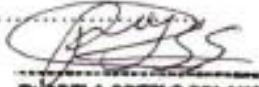
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NÚMERO DE MONITOREO
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RUSBEL IVÁN SOTELO SOLANO
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO DE SISTEMAS
FECHA DE VALIDACIÓN	30 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90 %
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				88 %
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				86 %
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?				89 %
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90 %
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90 %

El instrumento puede si SI (X) NO () aplicado:

Observaciones y Sugerencias



RUSBEL S. SOTELO SOLANO
ING. SISTEMAS
CIP 137591

Firma del experto

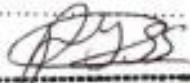
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	TIEMPO PROMEDIO DE MONITOREOS
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RUSBEL IVÁN SOTELO SOLANO
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO DE SISTEMAS
FECHA DE VALIDACIÓN	28 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90 %
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				90 %
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				89 %
4	¿El instrumento de recolección de datos facultará el logro de los objetivos de investigación?				88 %
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				87 %
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90 %

El instrumento puede si SI (X) NO () aplicado:

Observaciones y Sugerencias



Rusbel I. Sotelo Sofano
ING. DE SISTEMAS
R. CIP: 137596

Firma del experto

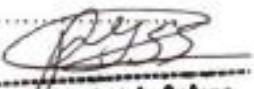
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NÚMERO DE REPORTES
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARTÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RUSBEL IVÁN SOTELO SOLANO
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO DE SISTEMAS
FECHA DE VALIDACIÓN	30 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				89%
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				88%
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?				90%
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				89%
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90%

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias


 Rusbel I. Sotelo Solano
 ING. DE SISTEMAS
 R. CIR-13756

Firma del experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	CUESTIONARIO
INDICADOR	NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL DE LA SUBGERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARTÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	RUSBEL IVÁN SOTELO SOLANO
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO DE SISTEMAS
FECHA DE VALIDACIÓN	30 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				85%
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				85%
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?				90%
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90%
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				

El instrumento puede si SI (X) NO () aplicado:

Observaciones y Sugerencias



RUSBEL I. SOTEOLO SOLANO
ING. SISTEMAS
CIP 137696

Firma del experto

- Experto del proceso

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NÚMERO DE MONITOREO
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	VILLALOBOS CABRERA HIROAKI
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO AMBIENTAL
FECHA DE VALIDACIÓN	28 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90%
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				90%
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?				92%
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90%
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90%

El instrumento puede si aplicado:

SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



WILLALOBOS C.
Hiroaki Villalobos Cabrera
Ingeniero Ambiental
CIP. N° 223696

Firma del experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	TIEMPO PROMEDIO DE MONITOREOS
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	VILLALOBOS CABRERA HIROAKI
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO AMBIENTAL
FECHA DE VALIDACIÓN	28 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90%
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				90%
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de investigación?				92%
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90%
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90%

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias


 Hiroaki Villalobos Cabrera
 Ingeniero Ambiental
 CIP. N° 223686

Firma del experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	FICHA DE REGISTRO
INDICADOR	NÚMERO DE REPORTES
PROYECTO DE INVESTIGACION	SISTEMA MEDIDOR DE PARÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	VILLALOBOS CABRERA HIROAKI
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO AMBIENTAL
FECHA DE VALIDACIÓN	28 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90%
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				90%
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%
4	¿El instrumento de recolección de datos facultará el logro de los objetivos de investigación?				92%
5	¿El Instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90%
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90%

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias



Hiroaki Villalobos Cabrera
Ingeniero Ambiental
CIP N° 321457

Firma del experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO	
INVESTIGADOR	CARLOS ALFREDO LÓPEZ LEDESMA
NOMBRE DEL INSTRUMENTO	CUESTIONARIO
INDICADOR	NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL DE LA SUBGERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL.
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	SISTEMA MEDIDOR DE PARTÍCULAS PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DEL AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DE LAREDO

DATOS DEL EXPERTO	
APELLIDOS Y NOMBRES	VILLALOBOS CABRERA HIROAKI
GRADO ACADÉMICO	INGENIERO AMBIENTAL
FECHA DE VALIDACIÓN	28 DE OCTUBRE 2020

ITEMS	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		DEFICIENTE 0-25%	REGULAR 26-50%	BUENO 51-75%	EXCELENTE 76-100%
1	¿El instrumento de recolección de datos cumple con el diseño adecuado?				90%.
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de investigación?				90%.
3	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la variable de estudio?				90%.
4	¿El instrumento de recolección de datos facultará el logro de los objetivos de investigación?				92%.
5	¿El instrumento de recolección de datos cuenta con preguntas coherentes?				90%.
6	¿El resultado del instrumento facilitará el análisis y procesamiento de datos?				90%.

El instrumento puede si aplicado: SI (X) NO ()

Observaciones y Sugerencias


 M. Hiroaki Villalobos Cabrera
 Ingeniero Ambiental
 CIP. N° 223686

Firma del experto

Anexo 6: Confiabilidad del instrumento de nivel de satisfacción

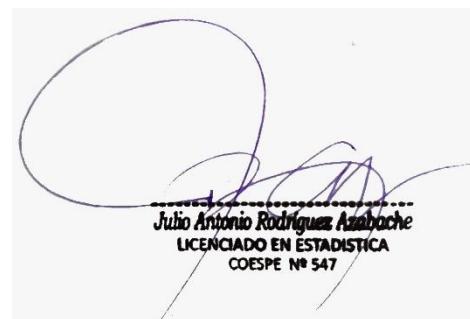
Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,829	7

Estadísticas de total de elemento

Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
P1 17,85	45,292	,663	,793
P2 17,55	47,418	,588	,805
P3 18,05	45,103	,559	,809
P4 17,60	47,726	,484	,820
P5 17,80	45,116	,602	,802
P6 17,80	44,274	,612	,800
P7 17,85	44,029	,544	,813

En la estadística de fiabilidad se observa una confiabilidad buena $\alpha=0.829$ como el resultado de Alfa de Cronbach, siendo este un valor permisible con respecto al instrumento.



Anexo 7: Carta de Aceptación



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LAREDO

Creado por ley 13792 del 28-12-1961

"Gloriosa Ciudad de Laredo, Honra de la Patria"

Ley 25253 del 19-06-1990

"Año de la Universalización de la salud"

Laredo, 26 de octubre del 2020.

CARTA N° 073-2020-A/MDL

Señores
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
Presente. -

Atención: Dr. Juan Francisco Pacheco Torres,
COORDINADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS.

Asunto : Autorización del proyecto de Investigación.

De mi consideración:

es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo, al mismo tiempo informar que el maestrante Carlos Alfredo López Ledesma de la Universidad CÉSAR VALLEJO de la Escuela de Posgrado, ha sido aceptado para realizar su investigación en nuestra Institución Municipalidad de Laredo, la investigación a desarrollar se denomina "SISTEMA MEDIDOR DE PARTÍCULAS PM10 Y PM10 Y PM2.5 PARA MEJORAR EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LAREDO".

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para reiterarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,

cc.:
archivo
MOCHO/DAGP/av.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LAREDO
ING. MIGUEL O. CHÁVEZ CASTRO
ALCALDE

Anexo 8: Desarrollo de prototipo

1. Requerimientos

- . Tarjeta Arduino Mega 2560 v.3

Gráfico 6: Tarjeta Arduino Mega 2560 v.3



Gráfico 7: Especificaciones de tarjeta arduino



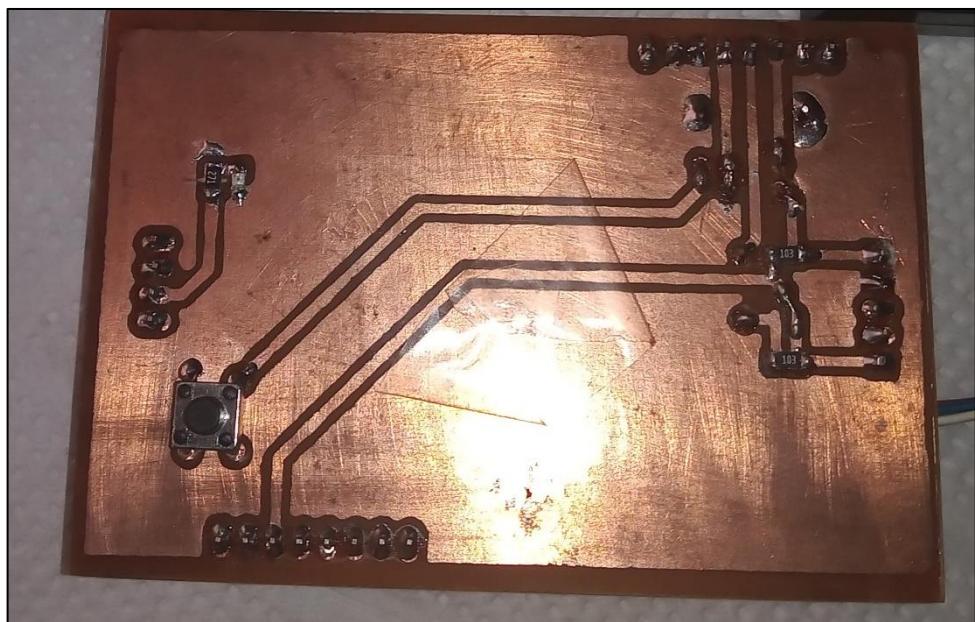
. Sensor Panasonic SN-GCJA5

Gráfico 8: Sensor Panasonic SN-GCJA5



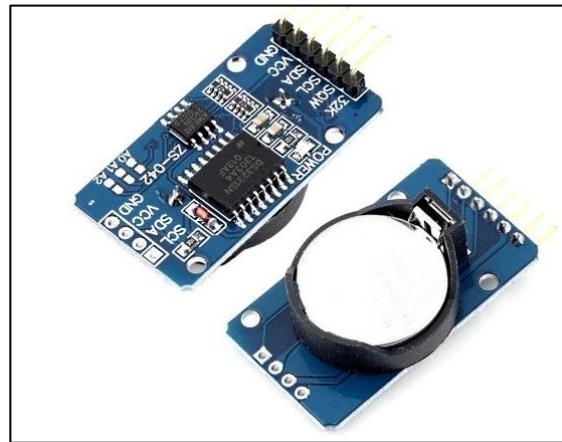
. Tarjeta de interfaz

Gráfico 9: Tarjeta de interfaz



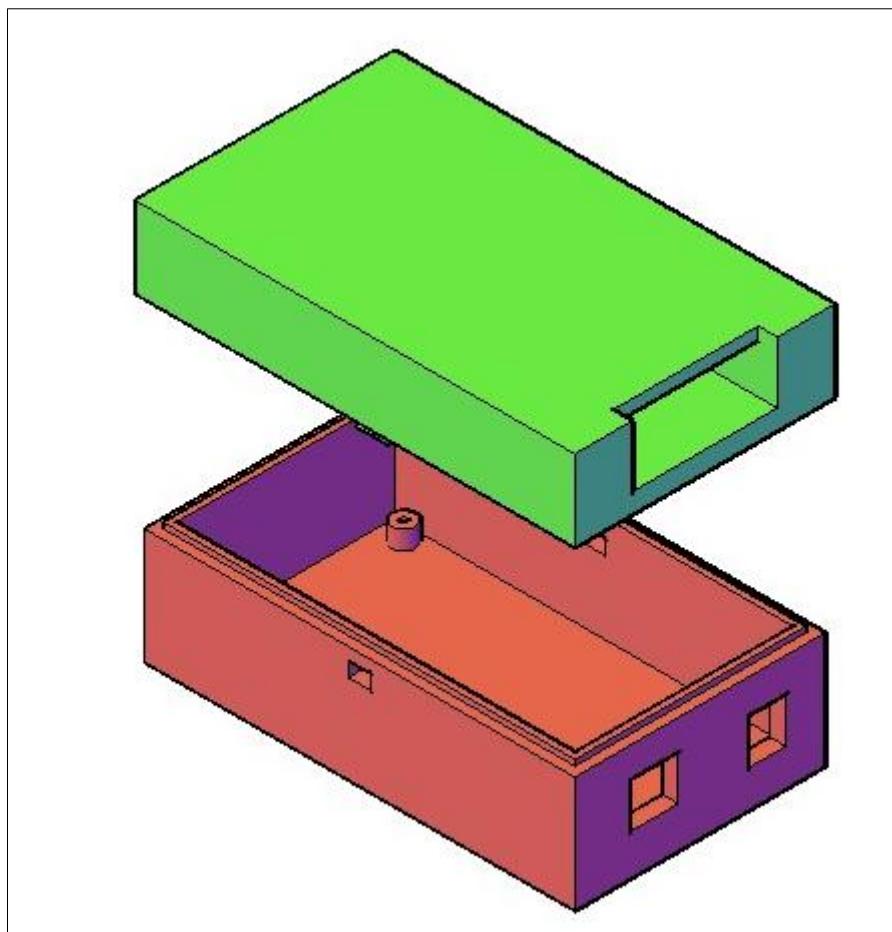
. Módulo RTC DS3231

Gráfico 10: Módulo RTC DS3231



. Carcasa de plástico

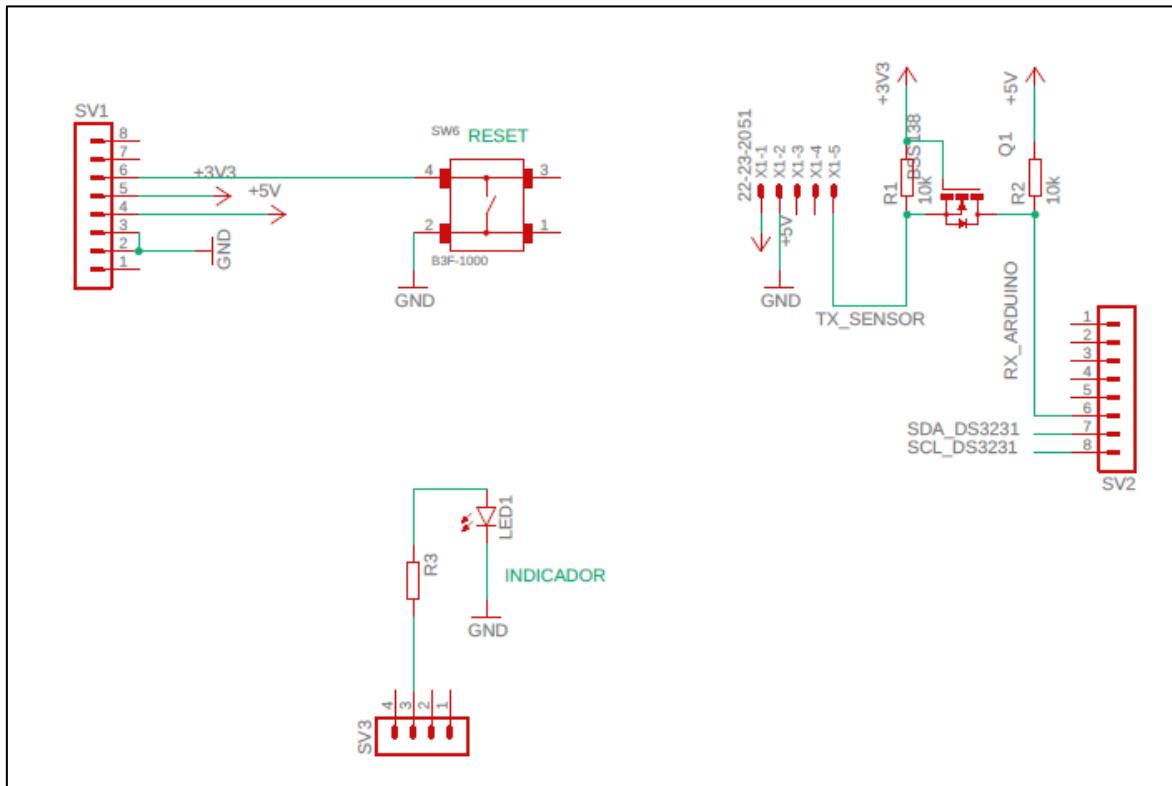
Gráfico 11: Diseño de carcasa de plástico para cubrir tarjeta y sensor



2. Diseño

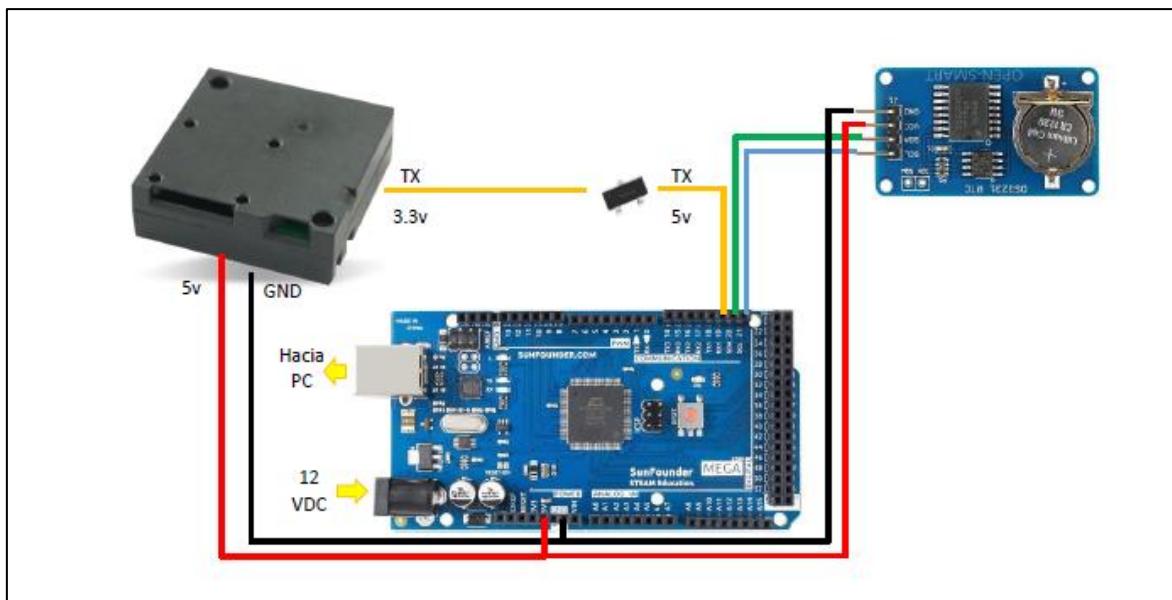
. Tarjeta de interconexión

Gráfico 12: tarjeta de interconexión de circuito



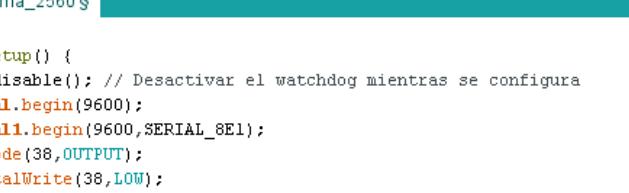
. Esquema de conexiones

Gráfico 13: Esquema de conexiones de componentes



3. Codificación

Gráfico 14: Codificación de parámetros para captura y envío de datos de sensor



```
void setup() {
    wdt_disable(); // Desactivar el watchdog mientras se configura
    Serial.begin(9600);
    Serial1.begin(9600,SERIAL_8E1);
    pinMode(38,OUTPUT);
    digitalWrite(38,LOW);
    wdt_enable(WDTO_8S); // Configurar a dos segundos
    if (! rtc.begin()) { // si falla la inicializacion del modulo
        while (1); // bucle infinito que detiene ejecucion del programa
    }
    //rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    muestra=EEPROM.read(3000);
    fecha = rtc.now();
    ref=fecha.hour();
}
```

```
programa_2560 $  
void loop() {  
  
    Serial1.readBytes(recibido,32);  
    verificador=recibido[1];  
    for (int i=2; i<30; i++) {  
        verificador=verificador^recibido[i];  
    }  
  
    if (recibido[30]==verificador){  
        for (int i=10; i<22; i++) {  
            datos[i]=recibido[i-9];  
        }  
        wdт_reset();  
        digitalWrite(38)?digitalWrite(38,LOW):digitalWrite(38,HIGH);  
        if (online == true){  
            Serial.write(datos,22);  
        }  
  
        fecha = rtc.now();  
        if (fecha.hour()!=ref){  
            ref=fecha.hour();  
            //Serial1.end();  
            datos[5]=fecha.day();  
            datos[6]=fecha.month();  
            datos[7]=fecha.year()-2000;  
            datos[8]=fecha.hour();  
            datos[9]=fecha.minute();  
  
            //escribimos en la eeprom los datos leidos.  
        }  
    }  
}
```

```
programa_2560 $  
    fecha = rtc.now();  
    if (fecha.hour()!=ref){  
        ref=fecha.hour();  
        //Serial1.end();  
        datos[5]=fecha.day();  
        datos[6]=fecha.month();  
        datos[7]=fecha.year()-2000;  
        datos[8]=fecha.hour();  
        datos[9]=fecha.minute();  
  
        //escribimos en la eeprom los datos leidos.  
        for (int i=0; i<17; i++){  
            addr_eeprom=i+(17*muestra);  
            EEPROM.write(addr_eeprom, datos[5+i]);  
        }  
        //*****  
        muestra++;  
        EEPROM.write(3000, muestra);  
        //Serial1.begin(9600,SERIAL_8E1);  
    }  
}  
}
```

```
programa_2560 Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
programa_2560 $
```

```
//evaluamos si es que se recibe el comando "00W" para enviar los datos almacenados
//en la EEPROM.
if (obtener == true){
    Serial1.end();
    byte muestra_aux=EEPROM.read(3000);
    byte muestral=0;
    for (int j=0;j<muestra_aux;j++){

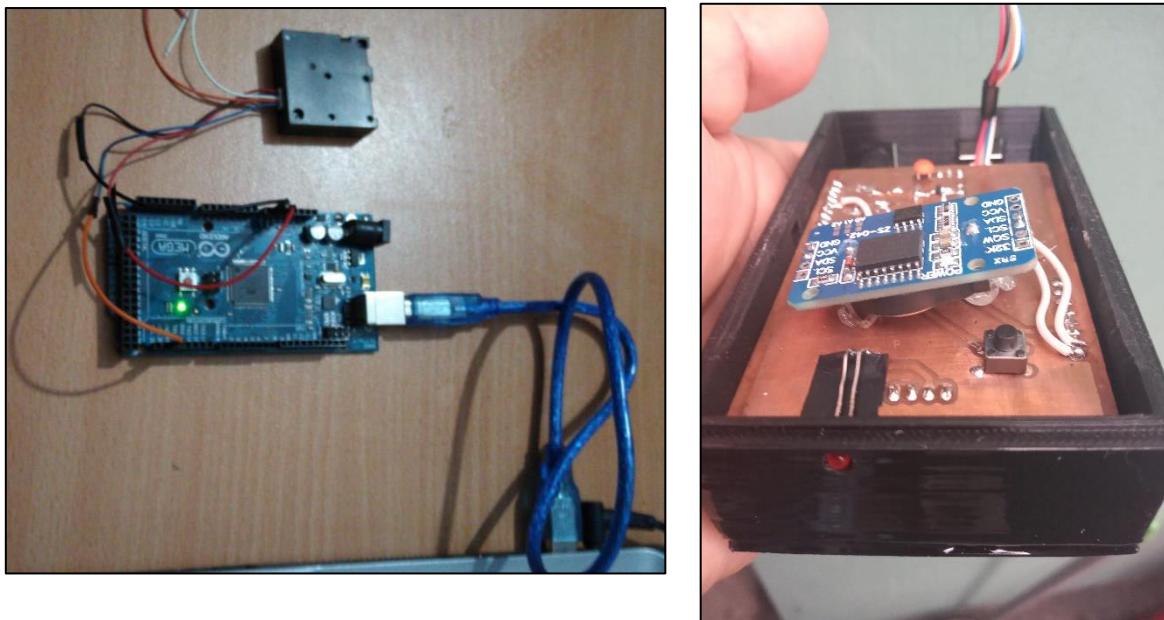
        for (int i=0;i<17;i++){
            datos1[5+i] = EEPROM.read(i+17*muestral);
            wdt_reset();
        }
        datos1[4]=muestral;
        datos1[3]=muestra_aux;
        Serial.write(datos1,22);
        delay(500);
        muestral++;
    }
    obtener = false;
}
```

```
if (Serial.available()>=2){
    inputString = Serial.readString();
    if (inputString.substring(0,2)=="ON"){
        online = true;
    }
    if (inputString.substring(0,2)=="OF"){
        online = false;
    }
    if (inputString.substring(0,2)=="00"){
        obtener=true;
    }
    if (inputString.substring(0,2)=="RS"){
        EEPROM.write(3000, 0);
        fecha = rtc.now();
        ref=fecha.hour();
        muestra=0;
        Serial.write(30);
    }
}
```

4. Pruebas

. La prueba consistió en poner en funcionamiento el sensor Panasonic SN-GCJA con el controlador de la tarjeta Arduino 2560 conectado al Firmware Arduino Mega 2560.

Gráfico 15: Pruebas de ensamblado de sensor 2560, reloj y tarjeta arduino



. Producto final, prototipo medidor de partículas PM10 y Pm2.5 incluido con fuente de poder para conectar a la corriente eléctrica para el encendido. Además, tiene el cable USB que va conectado al computador y sirve de alimentador para el encendido y poder descargar la información que se almacena en la Eprom

Gráfico 16: Producto terminado de prototipo



Gráfico 17: Pruebas de monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5

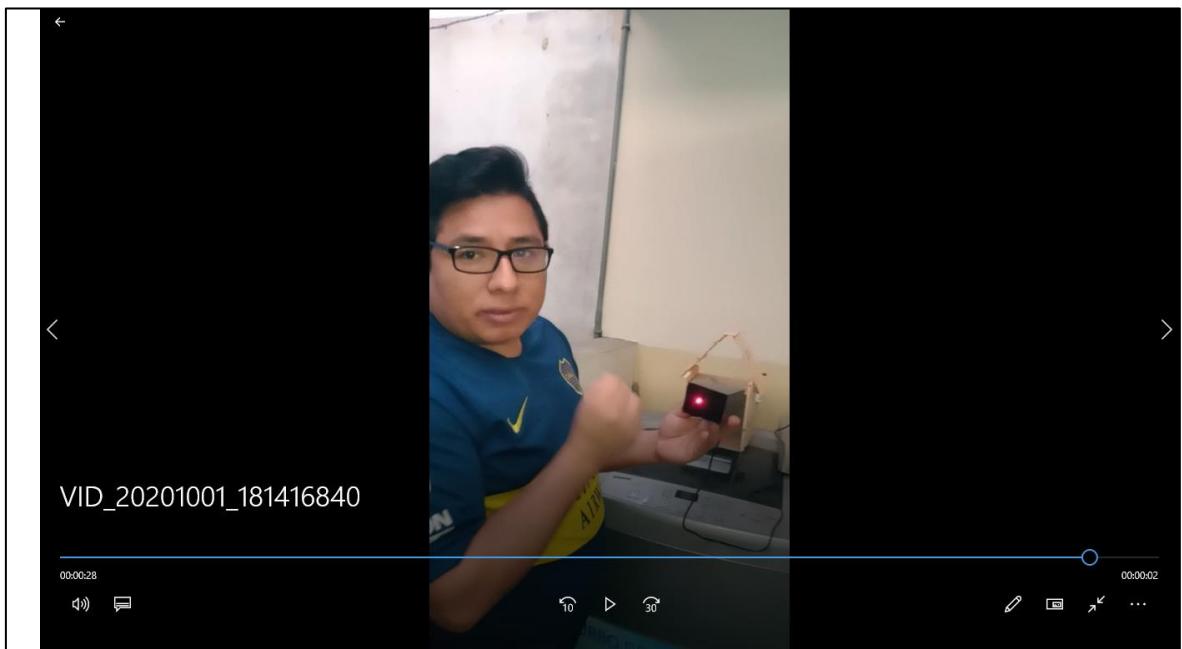
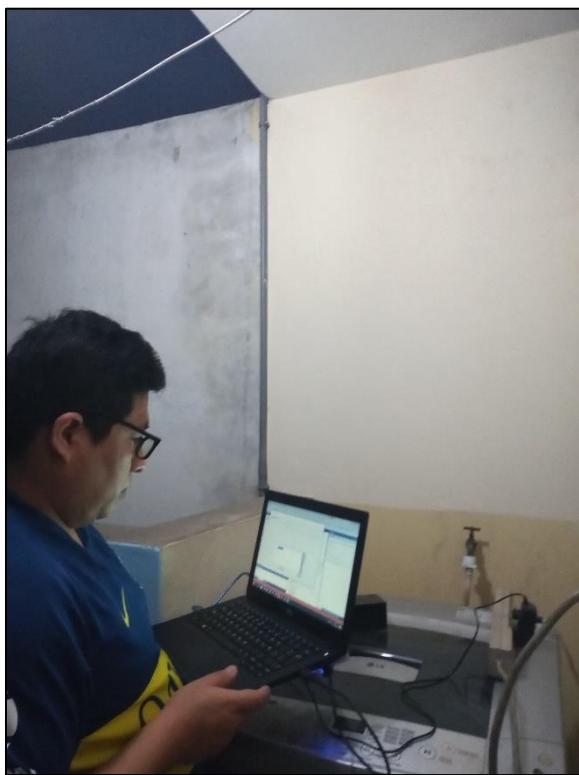


Gráfico 18: Pruebas de descarga de datos de monitoreos



- . Comparación de prototipo medidor de partículas con equipo profesional de medición de material particulado PM10.

Gráfico 19: Validación de prototipo con equipo profesional muestreador Bravo Plus



Gráfico 20: Presentación del sistema medidor de partículas PM10 y Pm2.5



. Especificaciones técnicas sensor SN-GCJA5



SN-GCJA5 Particulate Matter Laser Sensor

- On board Laser Diode provides Particulate Matter detection for indoor air quality ($\pm 10\%$, from low to high concentrations $\sim 1,000 \mu\text{gm}^3$)
- Output mass-density value of PM1.0, PM2.5 and PM10 (μgm^3)
- Minimum detectable particle: $0.3\mu\text{m}$
- Very small footprint: $37\times37\times12\text{mm}$
- Weight: 13g
- Extended lifetime optimized by S/W control
- Optimized air pathway design to minimize dust accumulation
- High S/N

NEW



■ SN-GCJA5



Power supply voltage	5.0V ($\pm 10\%$)
Consumption current	Below 100mA
Minimum detectable particle	$0.3\mu\text{m}$
Indicatable range	(UART) $0\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 2,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ (I ² C) $0\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim x,xxx\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum consistency error	$\pm 10\%$ $35\mu\text{g}/\text{m}^3 < \cdot < 1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$
Response time	1sec (Time to first reading 8sec)
External interface	PC & UART
Size	W37×D37×H12mm

■ Typical Sources of Particulate Matter:

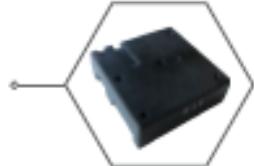
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">✓ Dust, fly ash, soot, smoke, aerosols, fumes, mists and condensing vapors✓ Combustion engines (diesel and petrol)✓ Solid-fuel (coal burning, heavy oil and biomass)✓ Cooking / smoking of plant matter, Fireplaces, Furnaces✓ Construction materials✓ Building, demolition, mining, manufacture of cement and smelting✓ Pavement erosion by road traffic / abrasion of brakes and tires. | <ul style="list-style-type: none">✓ Agriculture (source of ammonium).✓ Nitrogen oxides (emitted by traffic and industrial processes)✓ Sulfur dioxide (from the combustion of sulfur-containing fuels).✓ Power-plant boilers to ship boilers, central steam-heat boilers✓ Waste incineration / local field burning✓ House and forest fires✓ Etc... |
|---|---|

. Características y beneficios de sensor SN-GCJA5

The top section features the Panasonic logo in blue on the left. To its right is a decorative graphic consisting of a grid of colored hexagons. The hexagons contain abbreviations: WC (purple), CO (blue), IA (grey), CA (orange), SC (light grey), RS (red), R (teal), S (light blue), TM (cyan), E (yellow), CP (green), and SM (orange). Below the graphic are three lines of text: "na.industrial.panasonic.com", "industrialitus.panasonic.com", and "1-800-344-2112".

New Product Introduction

Laser Type Particulate Matter (PM) Sensor SN-GC Series



Panasonic Expands Its' Sensor Technology Offering To Include The New Laser Type Particulate Matter Sensor

Panasonic, a worldwide leader in Sensors technology, is pleased to introduce the New Laser Type Particulate Matter (PM) Sensor to its' already broad range of specialty Sensor solutions.

Panasonic's New Laser Type Particulate Matter Sensor is comprised of an on-board microprocessor, Micro-fan, and Laser Diode. This New Sensor has been programmed so that the Fan will operate based on the amount of particle dust surrounding the Laser Diode so that overall lifespan or usefulness of the Sensor can be extended much longer than its' average commercially available equivalent.

Featuring a very small footprint of W37 x D37 x H12 mm, the New Panasonic Laser Type Particulate Matter Sensor can be used to detect a wide variety of Particulate Matter including but not limited to dust, fly ash, soot, smoke, aerosols, fumes, mists and condensing vapors, solid fuels, construction materials, cooking / smoking of plant matter, fireplaces and furnaces, house / forest fires, waste incineration and much more.

Features and Benefits

- Panasonic's On-Board Micro-Processor Makes It Unnecessary For Customers To Design Their Own
- The Inclusion Of A Micro-Fan Is More Efficient Than Simply Having A Heating Element To Draw Air Into The Sensor
- Panasonic's Particulate Matter Sensor Provides More Accurate Light Scattering Performance Using A Laser Diode Than Light Emitting Diodes (LED)
- Panasonic's Proprietary Algorithm Controls Fan And Laser Diode Efficiency For Prolonged Product Life
- RoHS And REACH Compliant

Industries

- Retail
- Medical
- Electronics
- Smart City / Smart Building

Applications

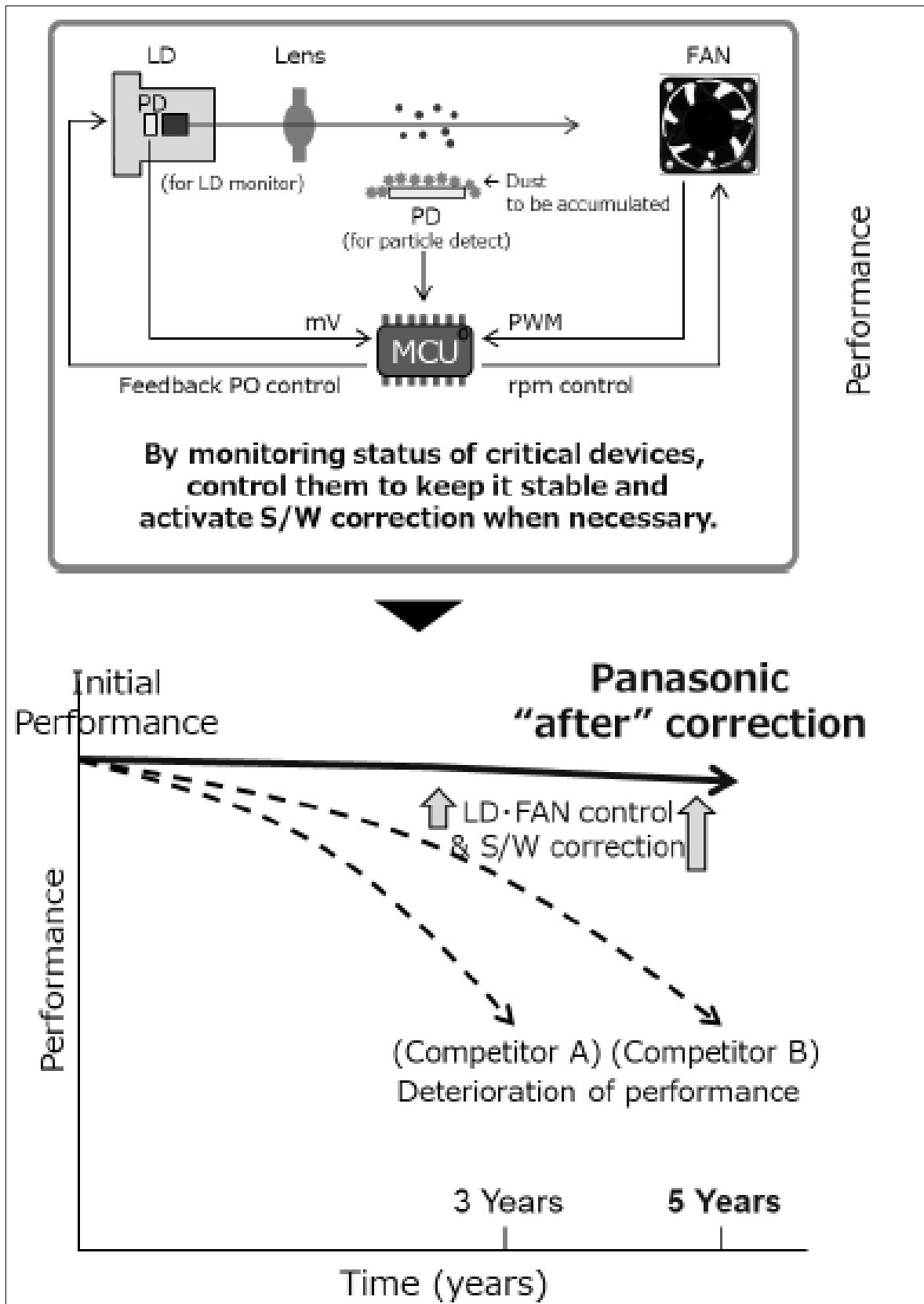
- Indoor And Outdoor Air Quality Monitoring
- Airborne Dust Detection
- Near / In Clean Rooms; Semiconductor, PCB Mfg., Etc.



SENSORS



. Diagrama interno de funcionamiento de sensor SN-GCJA5



Anexo 9: Metodología de Desarrollo

Metodología Programación Extrema

9.1 Fase I: Planificación

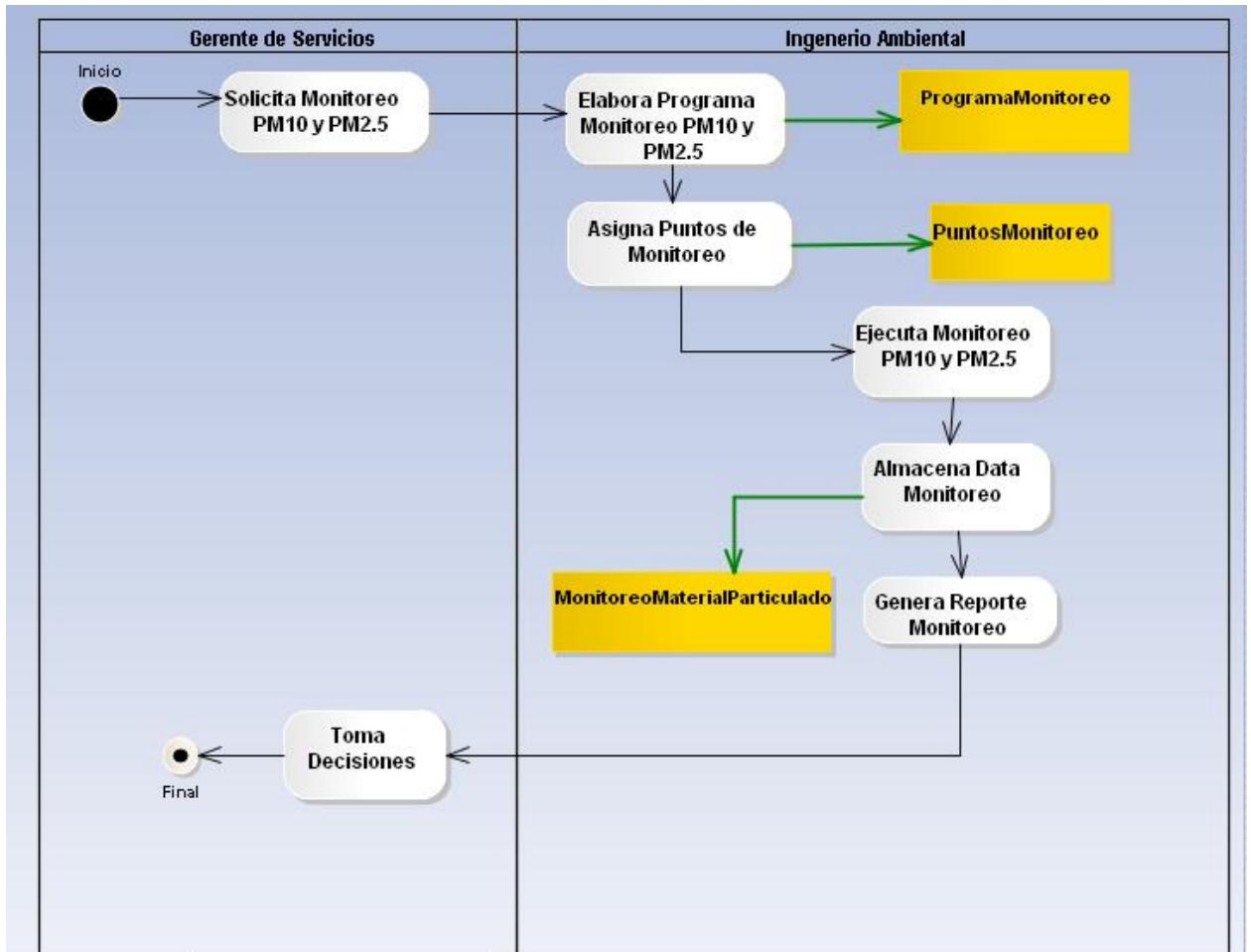
9.1.1 Conformación del equipo XP, roles y responsabilidades

Tabla 26: Roles y responsabilidad XP

Nombre	Rol	Descripción	Cargo
Carlos Alfredo López Ledesma	Programador	Responsable de escribir las pruebas unitarias y codifica el sistema.	Analista de Sistemas
Wilfredo Sánchez Bautista	Cliente	<p>Responsable de escribir las historias de usuario y las pruebas funcionales para validar la implantación.</p> <p>También asigna prioridad a las historias de usuarios, decidiendo el orden de implementación en cada una de iteraciones, aportando mayor valor al negocio.</p>	Gerente de Servicios de Públicos Locales
Carlos Alfredo López Ledesma	Responsable de Pruebas	Es el responsable de asistir al cliente a efectuar pruebas funcionales y el soporte de las pruebas.	Analista de Sistemas
Juan Francisco Pacheco Torres	Encargado de Seguimiento	<p>Es el especialista brinda feedback al equipo.</p> <p>Revisa el grado de acierto entre las estimaciones realizadas y el tiempo.</p>	Asesor de Desarrollo de Proyecto
Carlos Alfredo López Ledesma	Entrenador	Es el responsable de todo el proceso.	Analista de Sistemas
María Jesús Pow Sang Diaz	Consultor	Es el colaborador externo del equipo con conocimiento y experiencia necesario para gestión y elaboración de proyectos.	Supervisor Project Manager
Juan Francisco Pacheco Torres	Gestor	Es la persona que tiene el vínculo entre el programador y cliente, apoyando al team a tener un ambiente adecuado para el desarrollo del proyecto.	Asesor de Desarrollo de Proyecto

Fuente: Elaboración propia del autor

9.1.2 Diagrama de Actividades del Negocio



Requerimientos:

El presente sistema de medidor de partículas MP10 y PM2.5 permitirá descargar y almacenar las mediciones recopiladas del prototipo empleado en los monitoreos programados que permitirá contar con información histórica para toma de decisiones en la sub gerencia de gestión Ambiental de la Municipalidad de Laredo.

El lenguaje de programación usado es visual studio, SQL Server para la base de datos y Crystal Report para generar reportes.

9.1.3 Historia de usuarios

Según Villada, Vanegas y Ordóñez (2015), las historias de usuarios se usa como una táctica para recopilar los requerimientos que en el proceso de cada iteración pueden ser cambiadas con la intención de obtener una mejor solución.

9.1.3.1 Monitoreo Material Particulado

Tabla 27: Historia de usuario monitoreo material particulado

Historia de Usuario	
Número: 1	Usuario: Ingeniero ambiental
Nombre historia: Monitoreo Material Particulado	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: El ingeniero ambiental de la sub gerencia de gestión ambiental después de terminar el tiempo de monitoreo descarga y almacena los datos recopilados para elaborar el monitoreo de material particulado PM10 y PM 2.5	
Observaciones: El registro del monitoreo lo realiza el ingeniero ambiental responsable.	

Fuente: Elaboración propia del autor

9.1.3.2 Programación de Monitoreo

Tabla 28: Historia de usuario programación monitoreo

Historia de Usuario	
Número: 2	Usuario: Ingeniero ambiental
Nombre historia: Programación de Monitoreo	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: El colaborador responsable después de recibir la solicitud de monitoreo de PM10 y PM2.5 realiza la programación de los monitoreos a ejecutar.	
Observaciones: El personal encargado es el responsable de realizar la programación de monitoreo.	

Fuente: Elaboración propia del autor

9.1.3.3 Puntos de Monitoreo

Tabla 29: Historia de usuario puntos de monitoreo

Historia de Usuario	
Número: 3	Usuario: Ingeniero ambiental
Nombre historia: Puntos de Monitoreo	
Prioridad en negocio: Media	Riesgo en desarrollo: Media
Puntos estimados: 2	Iteración asignada: 3
Programador responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: El colaborador responsable al paralelo al momento de realizar la programación de monitoreo asigna los puntos de monitoreo ubicadas en las diferentes zonas del distrito de Laredo.	
Observaciones: El personal encargado es el responsable de realizar la programación de monitoreo.	

Fuente: Elaboración propia del autor

9.1.4 Planificación Plan de Entrega y Plan de Iteración

9.1.4.1 Planificación inicial

Para cada historia de usuario definiremos la prioridad, riego y estimación.

Prioridad: de acuerdo a su importancia serán Alta, Media o Baja.

Riesgo: será por la probabilidad de fallo que serán Alta, Media o Baja)

Esfuerzo: es la calificación (1,2 y 3) que le daremos al tiempo que tome realizar la cada historia de usuario.

Iteración: Definimos como implementación de cada historia de usuario.

Tabla 30: Iteración por historia de usuario

Nro.	Historias	Prioridad	Riesgo	Esfuerzo	Iteración
1	Monitoreo Material Particulado	Alta	Alto	3	I1
2	Programación de Monitoreo	Alto	Alto	3	I2
3	Puntos de Monitoreo	Alto	Medio	2	I3

Fuente: Elaboración propia del autor

9.1.4.2 Velocidad del proyecto

El tiempo estimado para el desarrollo de cada historia de usuario de ha considerado de acuerdo a la planificación inicial.

Tabla 31: Velocidad del proyecto

No	Historias de Usuario	Tiempo Estimado
1	Monitoreo Material Particulado	5 días
2	Programación de Monitoreo	4 días
3	Puntos de Monitoreo	3 días

Fuente: elaboración propia del autor

Estimación de la velocidad del proyecto inicial

- El tiempo estimado de construcción de historias de usuarios es de xxx
- El tiempo calendario: De lunes a viernes
- Equipo XP, 01 persona

Cronograma entregable

Tabla 32: Cronograma entregable

Entregable	Historias	Fecha Inicio	Fecha termino	Fecha Entrega
Entregable 1	1	09/11/2020	20/18/2020	20/18/2020
Entregable	2	19/11/2020	25/11/2020	26/11/2020
Entregable	3	26/11/2020	04/12/2020	04/12/2020

Fuente: elaboración propia del autor

9.1.4.3 Asignación de tareas por Historias de Usuarios

A. Asignación de iteraciones

Cada historia de usuario quedó asignada a una iteración

Tabla 33: Asignación de iteraciones

Nro.	Historias	Prioridad	Iteración
1	Monitoreo Material Particulado	Alto	I1
2	Programación de Monitoreo	Alto	I2
3	Puntos de Monitoreo	Alto	I3

Fuente: Elaboración propia del autor

B. Descripción resumen de iteraciones:

Tabla 34: Resumen de iteraciones

Iteración	Descripción
Iteración 1	Mantenedor de Monitoreo de Material Particulado
	Mantenedor de Empleado
	Mantenedor de Punto de Monitoreo
Iteración 2	Mantenedor de Empleado
	Mantenedor Detalle
	Mantenedor Programación Monitoreo
Iteración 3	Mantenedor de Empleado
	Mantenedor Monitoreo Material Particulado
	Mantenedor Puntos Monitoreo

Fuente: elaboración propia del autor

- Tareas por Historia de Usuario Iteración 1

Tabla 35: Tarea por historia de usuario 1 por Iteración 1

Historia de Usuario 1: Monitoreo Material Particulado		Iteración Nro. 1	
Mantenedores	Fase	Tarea por Sub Historia	
Mantenedor Empleado	Diseño	1.1.1	Realiza diseño de pantalla de Empleado
	Implementación	1.1.2	Implementa Mantenedor de Empleado
Mantenedor Punto Monitoreo	Diseño	1.2.1	Realiza diseño de pantalla de Empleado
	Implementación	1.2.2	Implementa Mantenedor de Empleado
Mantenedor Monitoreo Material Particulado	Diseño	1.3.1	Realiza diseño de pantalla de Monitoreo Material Particulado
	Diseño	1.3.2	Realiza Modelo de Clases Monitoreo Material Particulado
	Implementación	1.3.3	Implementa Monitoreo Material Particulado
	Tarjeta CRC	1.3.4	Tarjeta CRC Monitoreo de Material Particulado
	Pruebas	1.3.5	Prueba de Caja Negra – Realiza Monitoreo Material Particulado
		1.3.6	Prueba de Caja Blanca – Realiza Monitoreo Material Particulado

Fuente: Elaboración propia del autor

A. Diseño de Pantalla: Monitoreo Material Particulado

Tabla 36: Diseño pantalla de monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.1	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Realiza Diseño de Pantalla Monitoreo Material Particulado	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se diseñará la pantalla de Monitoreo Material Particulado	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 21: Prototipo monitoreo material particulado

The screenshot shows a wireframe prototype of a web application for monitoring particulate matter. At the top, there's a header bar with the text "Made with Justinmind" and "MonitoreoMaterialParticulado / Screen 1". On the right side of the header is a button labeled "Highlight interactive areas" with a sun icon.

The main content area has the following layout:

- Left Column:** Contains input fields for "Fecha Inicio" (11/29/2020) and "Fecha Fin" (11/29/2020), a dropdown menu for "Puntos Monitoreo" (with an arrow icon), and a group of buttons: "Guardar", "Cancelar", "Nuevo", "Buscar", "Modificar", "Cerrar", and "Imprimir".
- Middle Column:** Contains a dropdown menu for "Conexión Dispositivo" (set to "CONEC") and two empty boxes labeled "PM 2.5" and "PM 10".
- Right Column:** Contains a section titled "Lecturas Almacenadas en Dispositivo" with a "Visualizar" button, followed by a table with three rows. The table has columns for "Fecha", "PM2.5", and "PM10". Each row contains placeholder text: "sample text".

Fuente: elaboración propia del autor

B. Modelo de Clases: Monitoreo Material Particulado

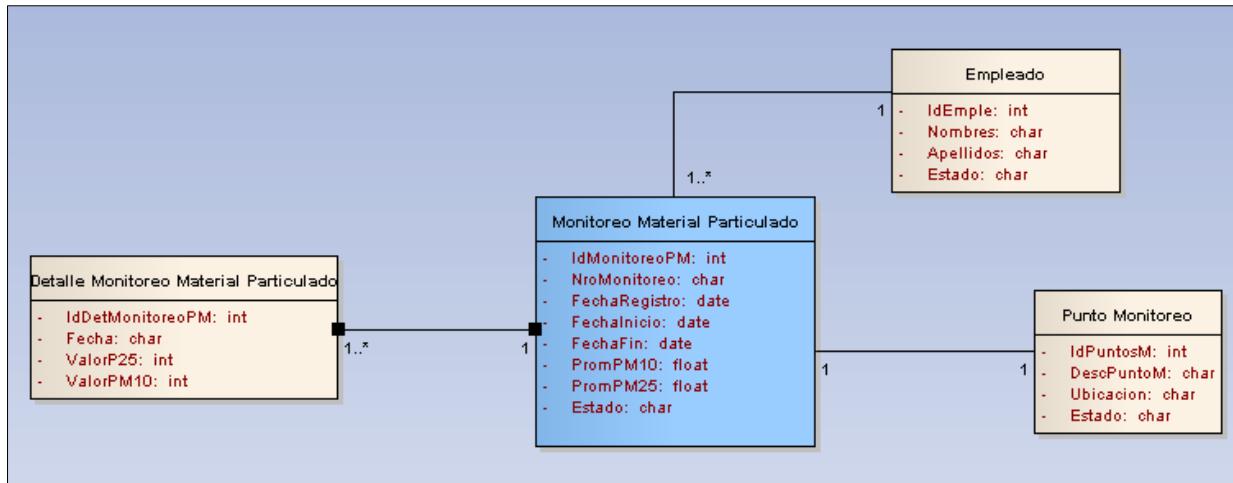
Tabla 37: Modelo clases monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.2	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Realiza Modelo Monitoreo Material Particulado	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se diseñará la Clase Monitoreo Material Particulado	

Fuente: Elaboración propia del autor

Modelo de Clases: Monitoreo Material Particulado

Gráfico 22: Modelo de clases de monitoreo material particulado



Fuente: Elaboración propia del autor

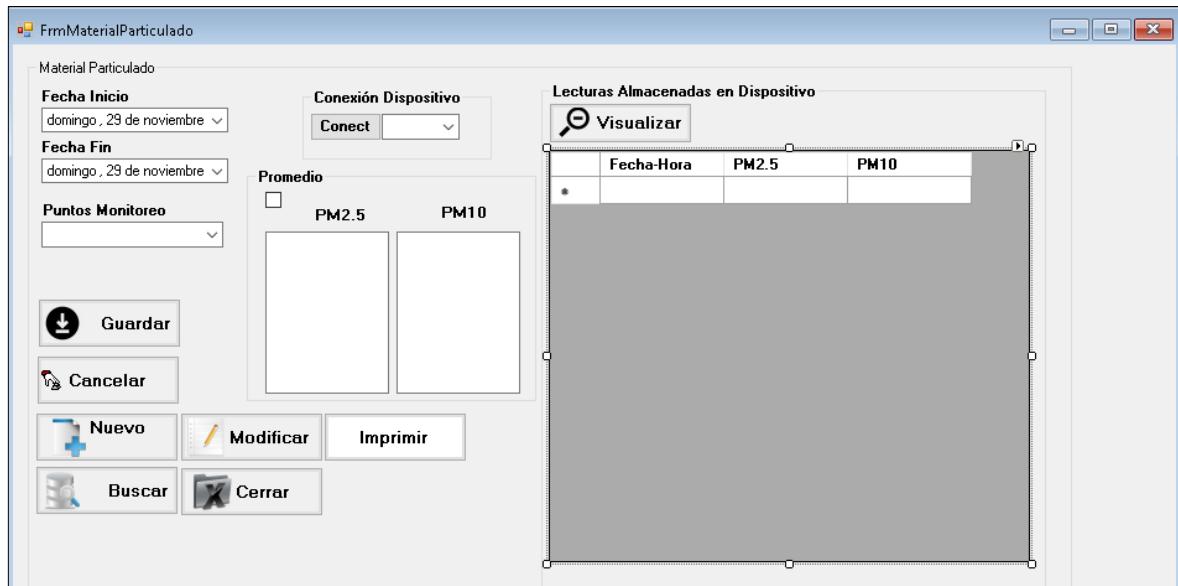
C. Implementación de Monitoreo Material Particulado

Tabla 38: Implementación de monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.3	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Implementa Realiza Monitoreo Material Particulado	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizará la construcción de un formulario para una sencilla revisión de atributos y usabilidad de la transacción de ingreso de monitoreos de material particulado.	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 23: Interfaz monitoreo material particulado



D. Tarjeta CRC

Tabla 39: Tarjeta CRC monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.4	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Tarjeta CRC Monitoreo Material Particulado	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizará la tarea la tarjeta CRC de la tarea Monitoreo Material Particulado	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 40: Diseño de tarjeta CRC de clase monitoreo material particulado

Tarjeta CRC	
Nombre Clase: Monitoreo Material Particulado	
Responsabilidades	Colaboradores
guardarMaterialParticulado	.DMaterialParticuladoDAO
	-guardarMaterialParticulado
	.DPuntosMonitoreosDAO
	-mostrarPuntosM
	.NMaterialParticulado
	-guardarMaterialParticulado
.NPuntosMonitoreo	
	-mostrarPuntosMo

Fuente: Elaboración propia del autor

E. Pruebas

- Pruebas Caja Negra

Tabla 41: Pruebas de caja negra monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.5	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Negra- Realiza Monitoreo Material Particulado.	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja negra de Monitoreo Material Particulado.	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Caja Negra

Tabla 42: Validación caja negra monitoreo material particulado

Dato	Valor	Resultado
FechaInicio	= 01/10/2020	Valido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido
FechaFin	= 05/10/2020	Valido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido

Fuente: Elaboración propia del autor

- Caso de prueba: Monitoreo Material Particulado

Tabla 43: Caso de prueba monitoreo de material particulado

Dato	Valor	Resultado
FechaInicio	= 01/10/2020	Valido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=%\$/	Invalido
FechaFin	= 05/10/2020	Valido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=%\$/	Invalido

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas Caja Blanca

Tabla 44: Prueba caja blanca monitoreo material particulado

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.6	Nro de Historia: 1
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Blanca- Realiza Monitoreo Material Particulado.	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja blanca de Monitoreo Material Particulado.	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas de Caja Blanca Validación

Gráfico 24: Pruebas de caja blanca validación monitoreo material particulado

The screenshot shows the Microsoft Visual Studio IDE. On the left is the code editor displaying VB.NET code for a function named **ConsultaFiltFechasMonito**. The code uses a **SqlDataAdapter** to execute a stored procedure named **CONSULTA_FILTRO_MONIT_PORFECHAS**, passing parameters for **@FECHAINICIO** and **@FECHAFIN**. It then fills a **DataSet** and returns it. On the right is the Solution Explorer window titled "Buscar en Explorador de soluciones (Ctrl+Shift+F)". It lists several projects and files under the "Datos" folder, including **DConsultaMoniMPDAO.vb**, which is currently selected.

```

1 referencia
Public Function ConsultaFiltFechasMonito(ByVal ObjConsu As EConsultaMoniMP) As DataSet
    Dim ds As New DataSet

    cn = objCon.conectar
    da = New SqlDataAdapter("CONSULTA_FILTRO_MONIT_PORFECHAS", cn)
    da.SelectCommand.CommandType = CommandType.StoredProcedure
    cn.Open()
    With da.SelectCommand.Parameters
        .Add("@FECHAINICIO", SqlDbType.VarChar).Value = ObjConsu.FechaInicio
        .Add("@FECHAFIN", SqlDbType.VarChar).Value = ObjConsu.FechaFin
    End With

    da.SelectCommand.ExecuteScalar()

    da.Fill(ds, "CONSULTA_FECHAS")
    Return ds
    ds.Dispose()
    da.Dispose()
    cn.Dispose()

End Function
1 referencia

```

Fuente: Elaboración propia del autor

Interpretación:

En el gráfico No 24, se muestra el código de consultar monitoreos de material particulado creado en la clase datos **DConsultaMoniMPDAO**, donde se crea el procedimiento **ConsultarFiltroFechasMonito** con variables de entrada para realizar la búsqueda, devolver y mostrar los datos en la capa presentación.

- Tareas por Historia de Usuario Iteración 2

Tabla 45: Tarea por historia de usuario 2 por iteración 2

Historia de Usuario 2: Programación Monitoreo		Iteración Nro 2	
Mantenedores	Fase	Tarea por Sub Historia	
Mantenedor Empleado	Diseño	1.1.1	Realiza diseño de pantalla de Empleado
	Implementación	1.1.2	Implementa Mantenedor de Empleado
Mantenedor Detalle Programación	Diseño	1.2.1	Realiza diseño de pantalla de Detalle Programación
	Implementación	1.2.2	Implementa Mantenedor de Detalle Programación
Mantenedor Programación Monitoreo	Diseño	1.3.1	Realiza diseño de pantalla de Programación Monitoreo
	Diseño	1.3.2	Realiza Modelo de Clases Programación Monitoreo
	Implementación	1.3.3	Implementa Programación Monitoreo
	Tarjeta CRC	1.3.4	Tarjeta CRC Programación Monitoreo
	Pruebas	1.3.5	Prueba de Caja Negra – Realiza Programación Monitoreo
		1.3.6	Prueba de Caja Blanca – Realiza Programación Monitoreo

Fuente: Elaboración propia del autor

A. Diseño de Pantalla: Programación Monitoreo

Tabla 46: Diseño de pantalla programación monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.1	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Realiza Diseño de Pantalla Programación Monitoreo.	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción:	
Se diseñará la pantalla de Programación Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 25: Prototipo programación monitoreo



El prototipo es una interfaz web desarrollada con Justinmind. La barra superior muestra "Made with Justinmind" y el nombre de la pantalla "ProgramacionMonitoreo / Screen 1". La sección superior contiene campos para "Punto Monitoreo" (con un botón "...") y fechas "Fecha Inicio" (11/29/2...) y "Fecha Fin" (11/29/2...). Abajo de estos campos hay tres botones: "Agregar", "Editar" y "Quitar". Una tabla visualiza datos en tres filas, con columnas para "Codigo", "Punto Monitoreo" y "Fecha Inicio", todos llenados con "sample text". A continuación, hay dos botones: "Guardar" y "Cancelar".

Fuente: Elaboración propia del autor

B. Modelo de Clases: Programación Monitoreo

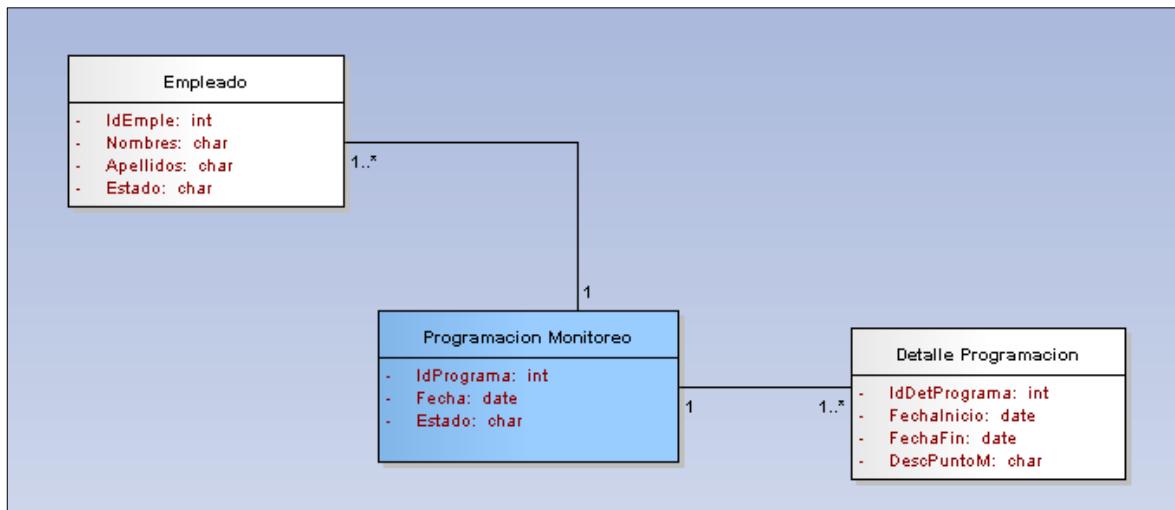
Tabla 47: Modelo de clases programación monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.2	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Realiza Modelo Programación Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se diseñará la Clase Programación Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

Modelo de Clases: Programación Monitoreo

Gráfico 26: Modelo de clases programación monitoreo



Fuente: Elaboración propia del autor

C. Implementación de Programación Monitoreo

Tabla 51: Implementación de programación de monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.3	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Implementa Realiza Programación Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizara la construcción de un formulario para una sencilla revisión de atributos y usabilidad de la transacción de ingreso de monitoreos de material particulado.	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 27: Interfaz programación monitoreo



Fuente: elaboración propia del autor

F. Tarjeta CRC

Tabla 48: Tarjeta CRC programación monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.4	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Tarjeta CRC Programación Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizará la tarea la tarjeta CRC de la tarea Programación Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 49: Diseño de tarjeta CRC clase programación monitoreo

Tarjeta CRC		
Nombre Clase: Programación Monitoreo	Responsabilidades	
guardarMaterialParticulado	.ProgrmacionMonitoreoDAO	-guardarPrograma
	.DPuntosMonitoreosDAO	
		-mostrarPuntosM
	.NProgramacionMonitoreo	
		-guardarProgra
	.NPuntosMonitoreo	
		-mostrarPuntosMo

Fuente: Elaboración propia del autor

G. Pruebas

- Pruebas Caja Negra

Tabla 50: Pruebas de caja negra programación monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.5	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Negra- Realiza Programación Monitoreo	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja negra de Programación Monitoreo.	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Caja Negra

Tabla 51: Validación caja negra programación monitoreo

Dato	Valor	Resultado
Fechalnicio	= 01/10/2020	Válido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido
FechaFin	= 05/10/2020	Válido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido
DescPuntoM	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=&%\$/	Válido

Fuente: Elaboración propia del autor

- Caso de prueba: Programación Monitoreo

Tabla 52: Caso de prueba programación monitoreo

Dato	Valor	Resultado
FechaInicio	= 01/10/2020	Válido
	= vacío	Invalido
	= ABC	Invalido
	=%\$/	Invalido
FechaFin	= 05/10/2020	Válido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=%\$/	Invalido
DescPuntoM	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=%\$/	Válido

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas Caja Blanca

Tabla 53: Pruebas caja blanca programación monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.6	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Blanca- Realiza Programación Monitoreo	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja blanca de Programación Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas de Caja Blanca Validación

Gráfico 28: Pruebas de caja blanca validación programación monitoreo

The screenshot shows a Microsoft Visual Studio interface. On the left is a code editor with the following VB.NET code:

```

1 referencia
Public Sub guardarDetalleProgramacion(ByVal ObjDPM As EDetalleProgramacion)
    cn = objCon.conectar
    Try
        cn.Open()
        da = New SqlDataAdapter("GUARDAR_DET_PROGRAMACION", cn)
        da.SelectCommand.CommandType = CommandType.StoredProcedure
        With da.SelectCommand.Parameters
            .Add("@FECHAINICIO", SqlDbType.Date).Value = ObjDPM.FechaInicio
            .Add("@FECHAFIN ", SqlDbType.Date).Value = ObjDPM.FechaFin
            .Add("@DESCPUNTONM", SqlDbType.VarChar).Value = ObjDPM.DescPuntoMonitoreo
            .Add("@IDPROGRAMA", SqlDbType.Int).Value = ObjDPM.IdPrograma
        End With
        da.SelectCommand.ExecuteNonQuery()
    Catch ex As Exception
        MsgBox("error", MsgBoxStyle.Critical)
    Finally
        da.Dispose()
        cn.Dispose()
    End Try
End Sub
End Class

```

On the right is a Solution Explorer window showing the project structure:

- Datos**
 - My Project
 - References
 - bin
 - obj
 - Conexion.vb
 - DAreasDAO.vb
 - DCargosDAO.vb
 - DConsultaMoniMPDAO.vb
 - DDetalleProgramacionDAO.vb** (highlighted)
 - DDetConsultaMoniMPDAO.vb
 - DEmppleadoDAO.vb
 - DMaterialParticuladoDAO.vb
 - DProgramacionMonitoreoDAO.vb
 - DPuntosMonitoreosDAO.vb
 - DUsuarioDAO.vb
- Entidad
- Negocio
- Presentacion

Fuente: Elaboración propia del autor

Interpretación:

En el gráfico No 28, se muestra el código de guardar detalle de Programación Monitoreo creado en la clase datos **DDetalleProgramaciónDAO**, donde se crea el procedimiento con variables de entrada para realizar la realizar el registro de datos desde ingresados desde la capa presentación a la base de datos.

- **Descripción de las tareas por iteración 3**

Tabla 54: Tarea por historia de usuario 3 por iteración 3

Historia de Usuario 3: Monitoreo de Material Particulado		Iteración Nro 3	
Mantenedores	Fase	Tarea por Sub Historia	
Mantenedor Empleado	Diseño	1.1.1	Realiza diseño de pantalla de Empleado
	Implementación	1.1.2	Implementa Mantenedor de Empleado
Mantenedor Monitoreo Material Particulado	Diseño	1.2.1	Realiza diseño de pantalla de Monitoreo Material Particulado
	Implementación	1.2.2	Implementa Mantenedor de Monitoreo Material Particulado
Mantenedor Monitoreo Material Particulado	Diseño	1.3.1	Realiza diseño de pantalla de Puntos Monitoreo
	Diseño	1.3.2	Realiza Modelo de Clases Puntos Monitoreo
	Implementación	1.3.3	Implementa Monitoreo Puntos Monitoreo
	Tarjeta CRC	1.3.4	Tarjeta CRC Puntos Monitoreo
	Pruebas	1.3.5	Prueba de Caja Negra – Realiza Puntos Monitoreo
		1.3.6	Prueba de Caja Blanca – Realiza Puntos Monitoreo

Fuente: Elaboración propia del autor

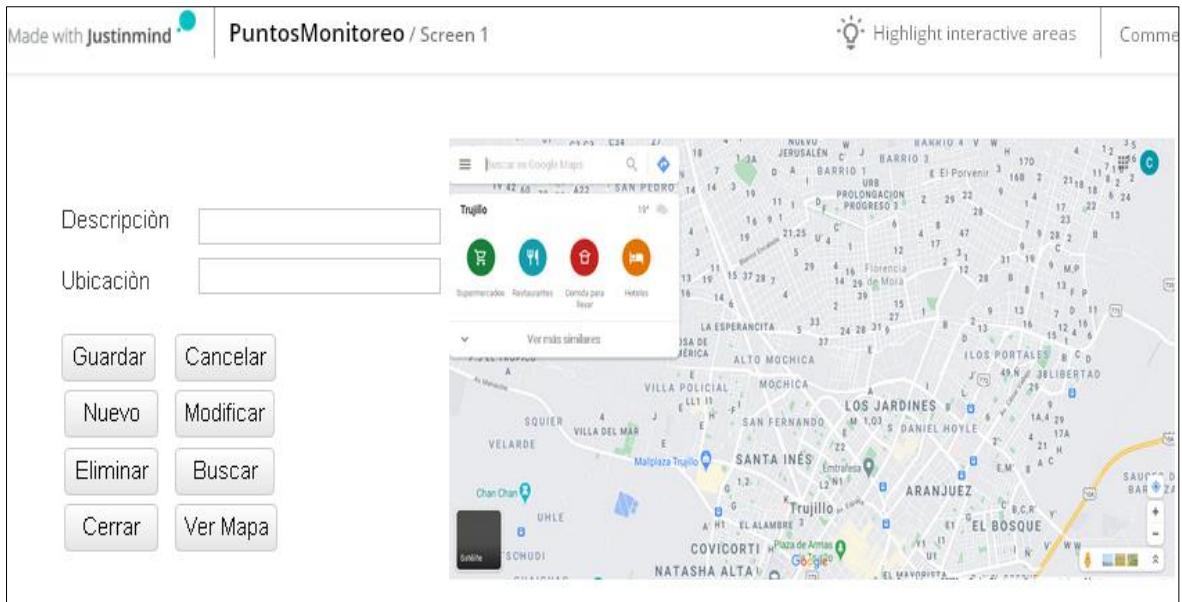
D. Diseño de Pantalla: Puntos Monitoreo

Tabla 55: Diseño de pantalla puntos monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.1	Nro de Historia: 3
Nombre de Tarea: Realiza Diseño de Pantalla Puntos Monitoreo.	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción:	
Se diseñará la pantalla de Puntos Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 29: Prototipo puntos monitoreo



Fuente: Elaboración propia del autor

E. Modelo de Clases: Puntos Monitoreo

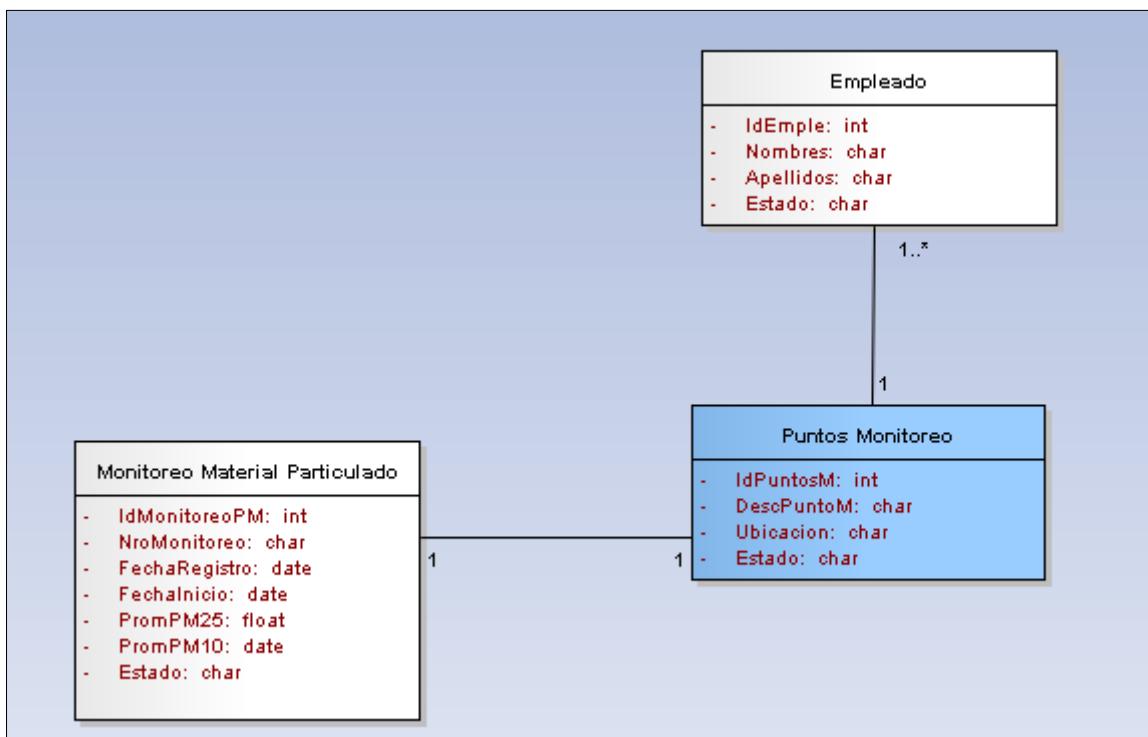
Tabla 56: Modelo de clases puntos monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.3.2	Nro de Historia: 3
Nombre de Tarea: Realiza Modelo Puntos Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción:	
Se diseñará la Clase Monitoreo Material Particulado	

Fuente: Elaboración propia del autor

Modelo de Clases: Puntos Monitoreos

Gráfico 30: Modelo de clases puntos monitoreo



Fuente: Elaboración propia del autor

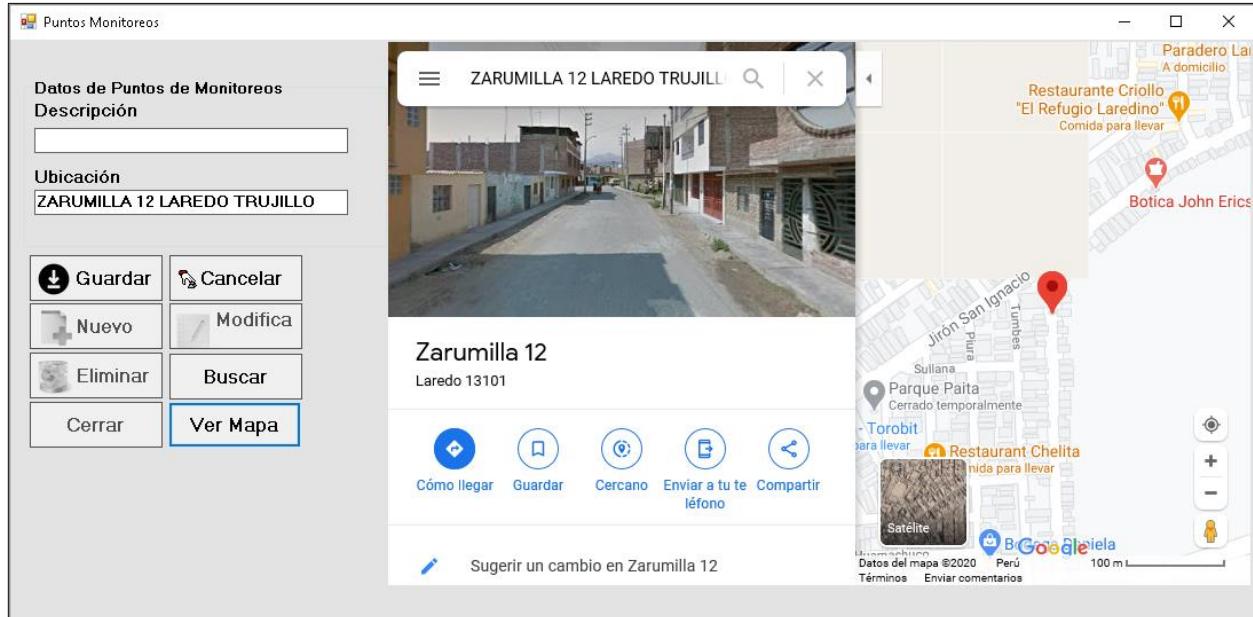
F. Implementación de Puntos Monitoreo

Tabla 57: Implementación de puntos monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.3	Nro de Historia: 3
Nombre de Tarea: Implementa Realiza Puntos Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizara la construcción de un formulario para una sencilla revisión de atributos y usabilidad de la transacción de ingreso de monitoreos de material particulado.	

Fuente: Elaboración propia del autor

Gráfico 31: Interfaz puntos monitoreo



Fuente: Elaboración propia del autor

H. Tarjeta CRC

Tabla 58: Tarjeta CRC

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.4	Nro de Historia: 3
Nombre de Tarea: Tarjeta CRC Puntos Monitoreo	
Tipo de Área: Diseño	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realizara la tarea la tarjeta CRC de la tarea Puntos Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 59: Diseño de tarjeta CRC

Tarjeta CRC		
Nombre Clase: Puntos Monitoreo		
Responsabilidades	Colaboradores	
	. DPuntosMonitoresDAO	
		-guardarPuntosMonitores
	. NPuntosMonitoreo	
		-guardarPuntosMonitores

Fuente: Elaboración propia del autor

I. Pruebas

- Pruebas Caja Negra

Tabla 60: Prueba de caja negra de puntos monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.5	Nro de Historia: 3
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Negra- Realiza Puntos Monitoreo	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja negra de Puntos Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Caja Negra

Tabla 61: Validación caja negra puntos monitoreo

Dato	Valor	Resultado
DescPuntoM	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=&%\$/	Válido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido
Ubicación	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=&%\$/	Válido

Fuente: Elaboración propia del autor

Tabla 62: Caso de prueba monitoreo

- Caso de prueba: Puntos monitoreo

Dato	Valor	Resultado
DescPuntoM	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=&%\$/	Válido
	= vacío	Invalido
	=ABC	Invalido
	=&%\$/	Invalido
Ubicación	= ABC	Válido
	= 123	Válido
	= vacío	Invalido
	=&%\$/	Válido

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas Caja Blanca

Tabla 63: Pruebas caja blanca puntos monitoreo

Tarea	
Nro de Tarea: 1.4.6	Nro de Historia: 2
Nombre de Tarea: Pruebas de Caja Blanca- Realiza Puntos Monitoreo	
Tipo de Área: Pruebas	
Programador Responsable: Carlos Alfredo López Ledesma	
Descripción: Se realiza el plan de pruebas de caja blanca de Puntos Monitoreo	

Fuente: Elaboración propia del autor

- Pruebas de Caja Blanca Validación

Gráfico 32: Pruebas de caja blanca

```

1 referencia
Public Function buscarPuntosMon(ByVal ObjPuntosMo As EPuntosMonitoreos) As DataSet
    Dim ds As New DataSet
    cn = objCon.conectar

    cn.Open()
    da = New SqlDataAdapter("BUSCAR_PUNTOSMONITOREOS", cn)
    da.SelectCommand.CommandType = CommandType.StoredProcedure

    With da.SelectCommand.Parameters
        .Add("@DESCPUNTON", SqlDbType.VarChar).Value = ObjPuntosMo.DescripcionPuntoM
    End With
    da.SelectCommand.ExecuteScalar()

    da.Fill(ds, "BUSCAPUNTOSMONI")
    Return ds

    ds.Dispose()
    da.Dispose()
    cn.Dispose()
End Function

```

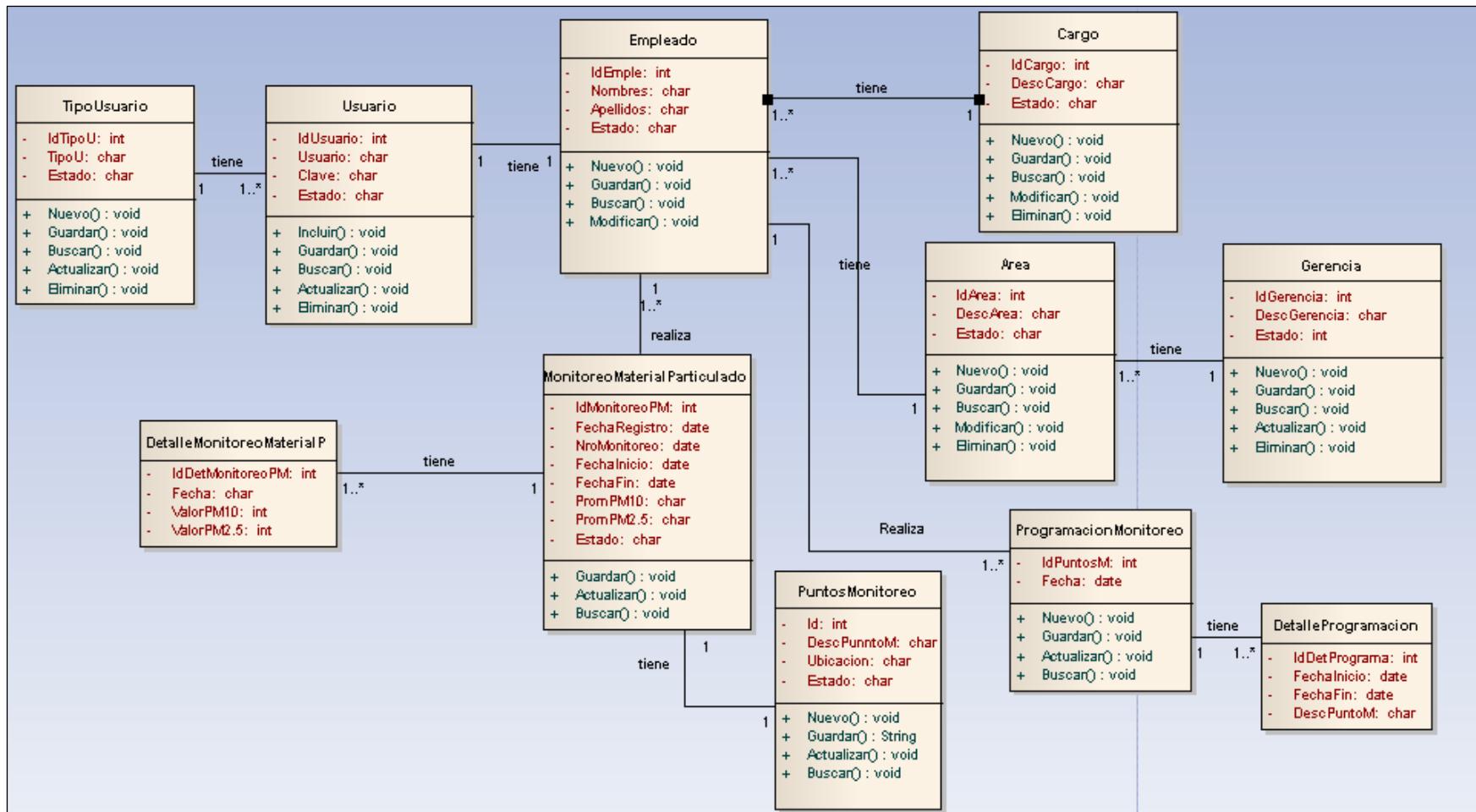
Fuente: Elaboración propia del autor

Interpretación:

En la figura No 32, se muestra el código de buscar puntos de monitoreos creado en la clase datos **DPuntosMonitoreoDAO**, donde se crea el procedimiento **buscarPuntosMon** con una variable de entrada para realizar la búsqueda y devolver los datos solicitados y mostrarse en la capa presentación.

DIAGRAMA DE CLASES

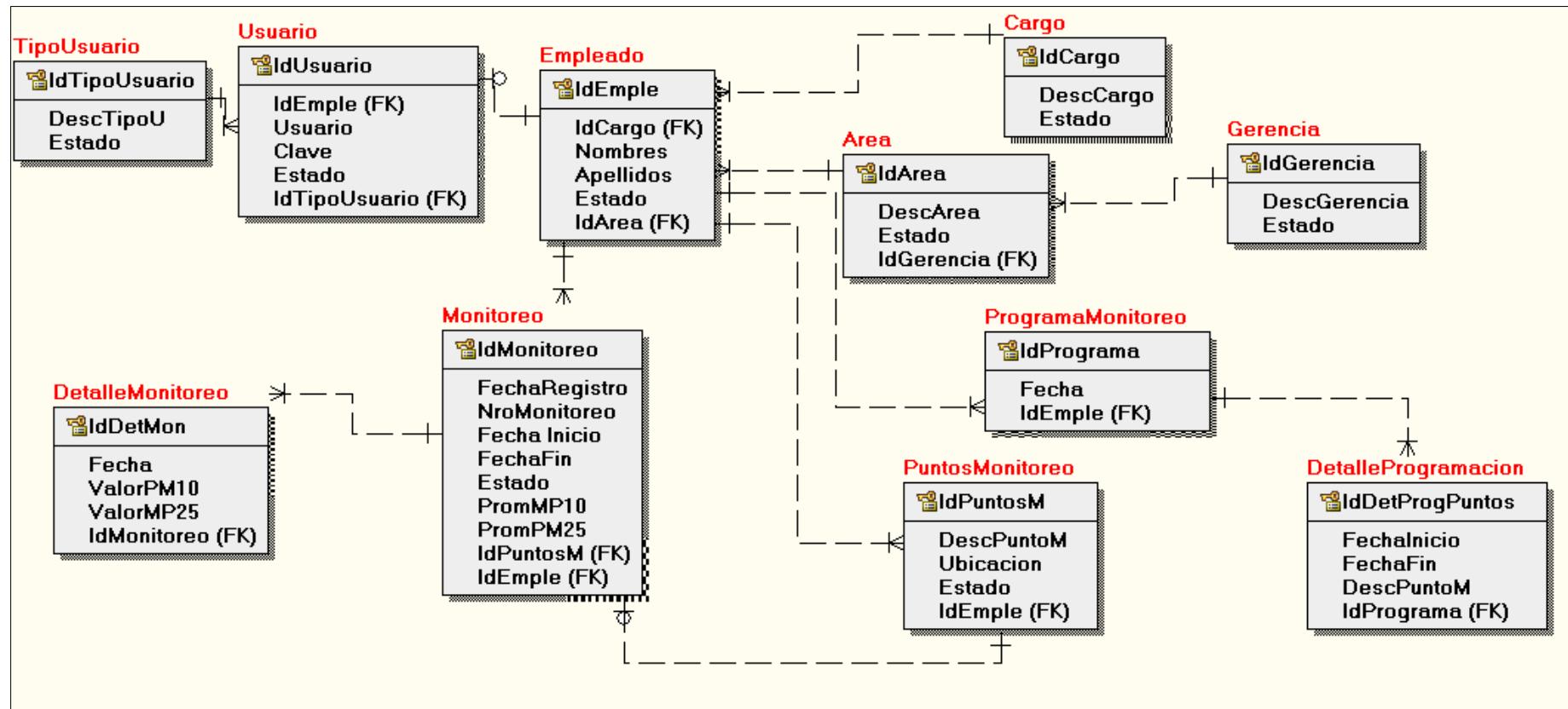
Gráfico 33: Diagrama de clases



Fuente: Elaboración propia del autor

DIAGRAMA DE BASE DE DATOS LÓGICOS

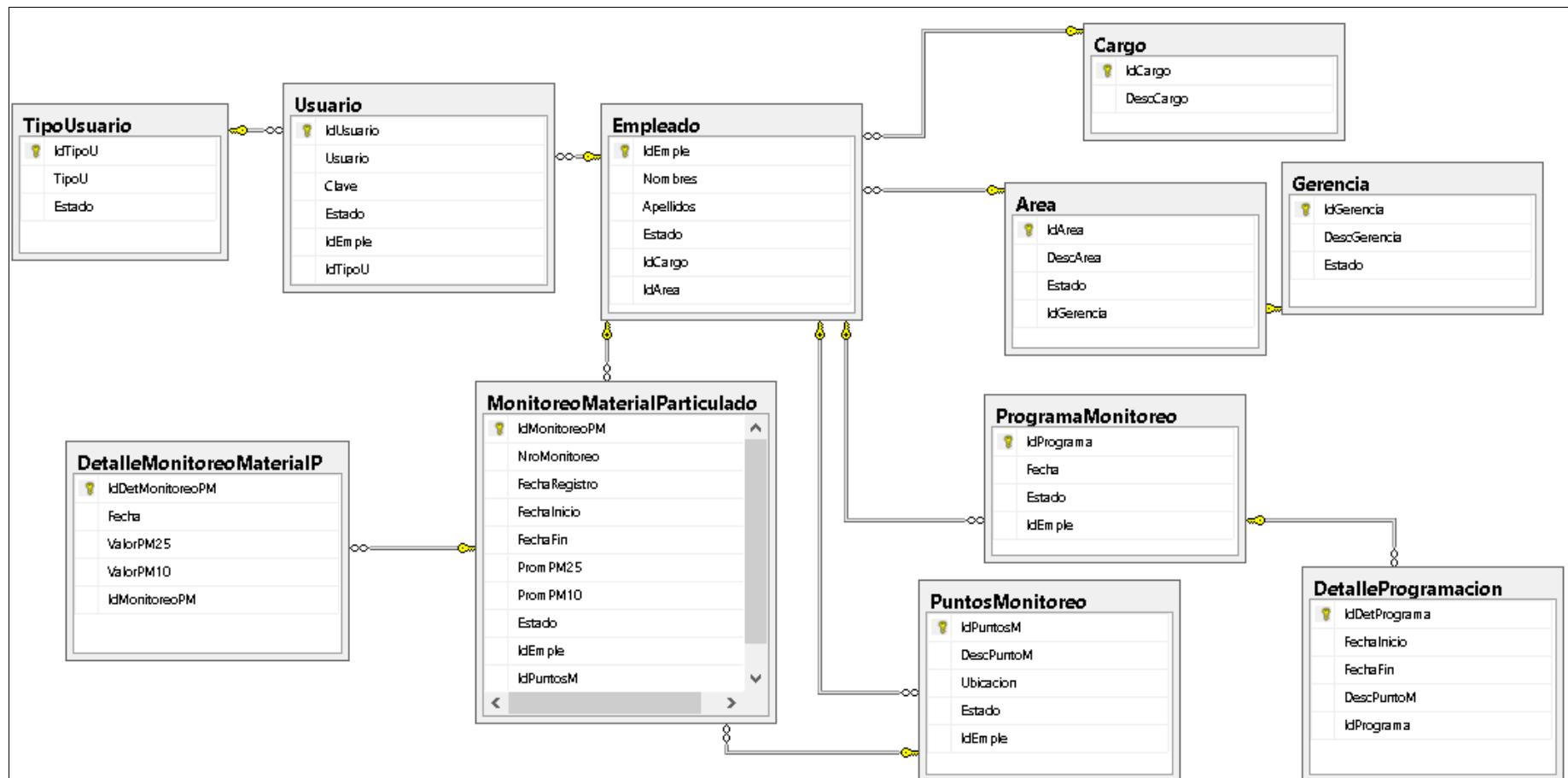
Gráfico 34: Diagrama de base de datos lógicos



Fuente: Elaboración propia del autor

DIAGRAMA DE BASE DE DATOS FÍSICO

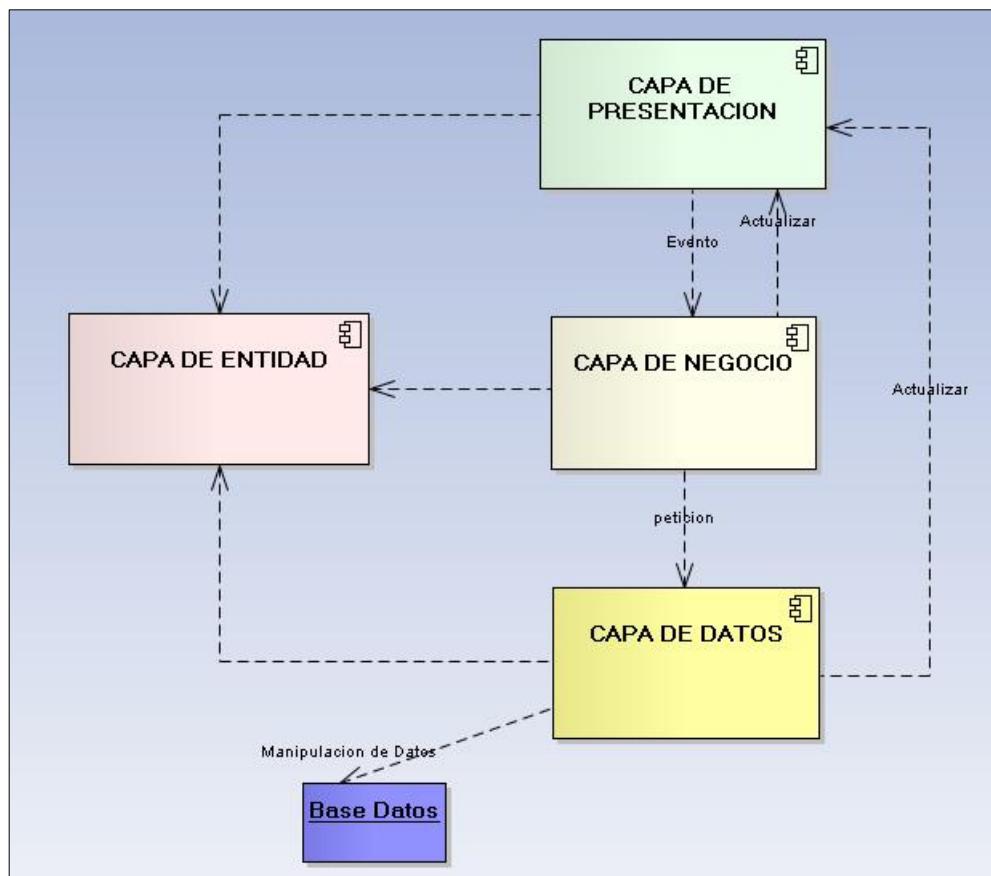
Gráfico 35: Diagrama de base de datos físico



Fuente: Elaboración propia del autor

DIAGRAMA DE COMPONENTES

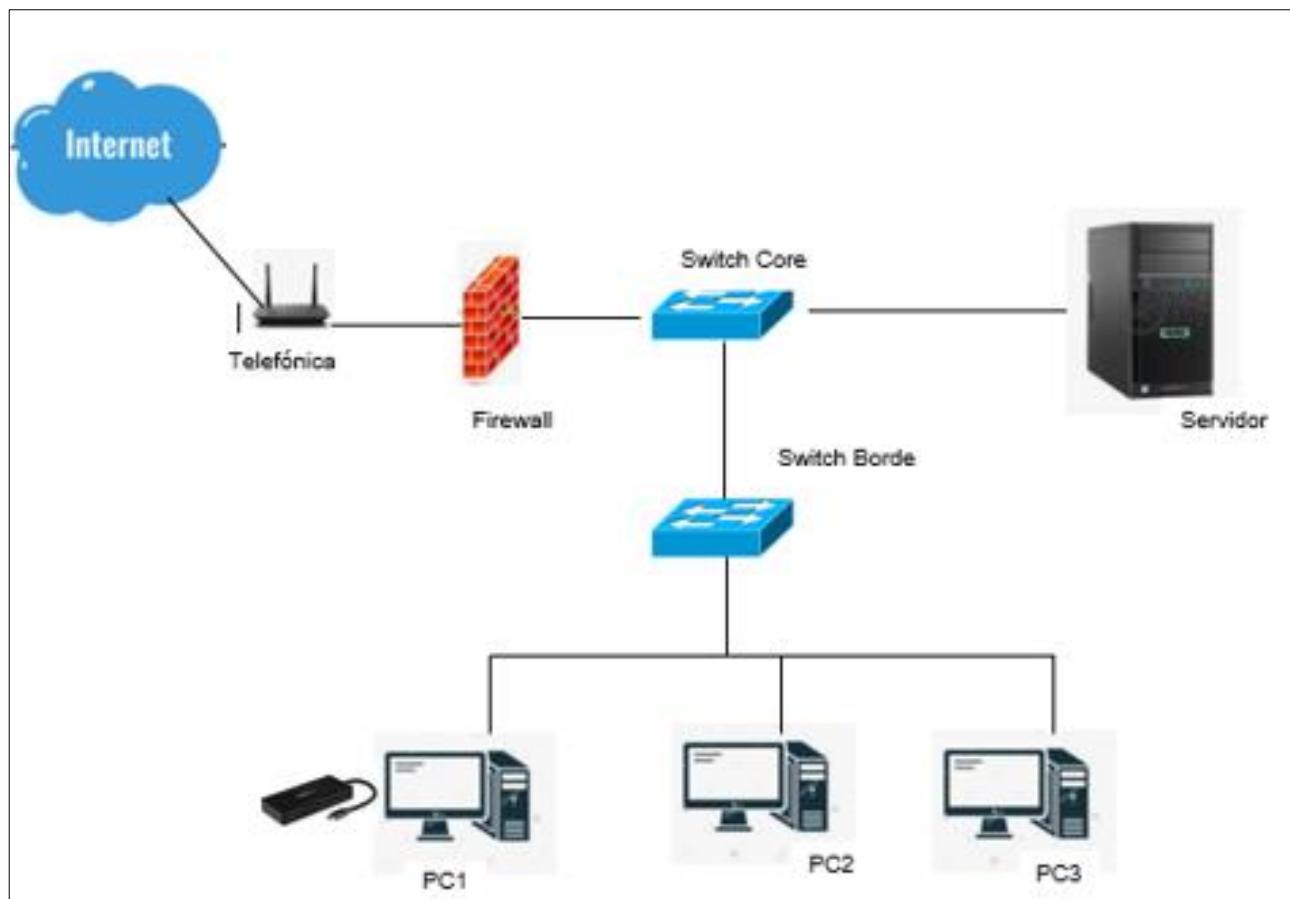
Gráfico 36: Diagrama de componentes



Fuente: Elaboración propia del autor

DIAGRAMA DE DESPLIEGUE

Gráfico 37: Diagrama de despliegue



Fuente: Elaboración propia del autor

Anexo 10: Carta de Aceptación del Producto



Municipalidad Distrital De Laredo

Creado por ley 13792 del 28-12-1961

"Gloriosa Ciudad de Laredo, Honra de la Patria"

Ley 25253 del 19-06-1990

"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

Trujillo, 28 de diciembre del 2020

Dr. JUAN FRANCISCO PACHECO TORRES
Director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas
Universidad Cesar Vallejo

ASUNTO: CARTA DE ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO

De su especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para hacer de su conocimiento que el Sr. Carlos Alfredo López Ledesma, respecto a lo acordado, han hecho entrega a mi persona del producto del software como resultado de su investigación, y que fue puesto a disposición para su implementación.

Sin otro particular y agradeciéndole de antemano su atención, me despido cordialmente.

Atentamente,

ESTA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LAREDO
Sello Oficial
V.E. WILFREDO GONZALEZ BAHAMONTE
DIRECCIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS Y LOGÍSTICA

Cc. Archivo

RUC: 20178186869
JR. REFORMA N° 360
044-435519
mlaredo301132@munilaredo.gob.pe
www.munilaredo.gob.pe
LAREDO - PERÚ